



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

MODERNÍ TECHNOLOGIE PRO SOBĚSTAČNÉ DOMY

MODERN TECHNOLOGIES FOR SELF-SUFFICIENT HOUSES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Nikola Popara

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Špiláček, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Nikola Popara**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Michal Špiláček, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Moderní technologie pro soběstačné domy

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Soběstačné domy jsou jednou z možností snížení ekologické stopy jednotlivců a proto je výhodné znát možnosti a omezení moderních technologií pro jejich provoz v rovině energetické soběstačnosti.

Cíle bakalářské práce:

1. Rešerše moderních technologií využitelných pro provoz energeticky úplně, či částečně soběstačných domů.
2. Ekonomické porovnání se současnými technologiemi.

Seznam doporučené literatury:

CIHELKA, Jaromír. Solární tepelná technika. Praha: T. Malina, 1994. ISBN 80-900-7595-9.

SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. Tepelná čerpadla. 2., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2007. 21. století. ISBN 978-80-7366-089-5.

MURTINGER, Karel a Jiří BERANOVSKÝ. Energie z biomasy. Brno: Computer Press, 2011. Stavíme. ISBN 978-80-251-2916-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne 23. 10. 2018

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalárska práca sa zaoberá témou energeticky sebestačných domov. V teoretickej časti sú vysvetlené jednotlivé zdroje energie. Sú rozdelené do dvoch hlavných skupín, zdroje tepla a elektrickej energie. V ďalšej časti je rozobratá cena plne energeticky sebestačného domu. Sú uvedené jednotlivé firmy, sprostredkujúce technológie pre výrobu tepelnej a elektrickej energie.

Kľúčové slová

Fotovoltaické panely, malé vodné elektrárne, veterné turbíny, tepelné čerpadlá, batérie

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with modern technologies for self-sufficient houses. In the theoretical part of the thesis individual energy sources are explained. Sources of energy are divided in two major groups and that is source of heat and source of electrical energy. In the next part of my thesis cost of energy sources from different companies is calculated.

Key words

Photovoltaic panels, micro hydropower plants, wind turbines, heat pumps, batteries

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

POPARA, Nikola. *Moderní technologie pro soběstačné domy* [online]. Brno, 2019. 43 s. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116782>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Michal Špiláček.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému **Moderní technologie pro soběstačné domy** vypracoval samostatne s použitím odbornej literatúry a prameňov, uvedených v zozname, ktorý tvorí prílohu tejto práce.

.....
Dátum

Nikola Popara

POĎAKOVANIE

Ďakujem týmto Ing. Michalovi Špiláčekovi, Ph.D. za cenné pripomienky a rady, ktoré mi poskytol pri vypracovaní záverečnej práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	Zdroj elektrické energie.....	11
2.1	Solární panely.....	11
2.2	Vodné elektrárny.....	15
2.3	Větrné elektrárny.....	17
3	Zdroje tepla.....	19
3.1	Tepelné čerpadlo.....	19
3.2	Fototermické kolektory.....	22
3.3	Pasívné zdroje tepla.....	24
4	Úložiská energie.....	27
4.1	Ukladání elektrické energie.....	27
4.2	Ukladání tepelné energie.....	29
4	Ekonomické zhodnocení energeticky soběstačného domu.....	31
4.1	Zateplení a větrání.....	31
4.2	FV systém.....	32
4.3	Elektrické baterie.....	33
4.4	Tepelné čerpadla.....	33
4.5	Návratnost a celková cena plně soběstačného domu.....	35
5	ZÁVĚR.....	36
6	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	37
7	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	41
8	ZOZNAM OBRÁZKŮ.....	42
9	ZOZNAM TABULIEK.....	43

1 ÚVOD

V súčasnej dobe sa čoraz viac kladie dôraz, a je snaha prejsť na ekologickejšiu výrobu elektrickej a tepelnej energie. Vo svojej podstate každý zdroj elektrickej alebo tepelnej energie v súčasnej dobe nejakou mierou znečisťuje životné prostredie. Tepelné elektrárne majú výrazný podiel na znečisťovaní ovzdušie prostredníctvom spaľovania. Jadrové elektrárne znečisťujú prírodu prostredníctvom rádioaktívneho odpadu. Alternatívne zdroje, ako je napríklad fotovoltaiický (FV) článok, znečisťujú prostredie pri výrobe a následne pri likvidácii panelov. Ideálne riešenie momentálne neexistuje. Napriek tomu vhodnou kombináciou zdrojov energie je možné značne znížiť znečisťovanie. Kombináciou využitia zdrojov energie je zvýšenie účinnosti a tým pádom ušetrenie financií. Jedným zo spôsobov, ako znížiť znečistenie, je energeticky sebestačný dom.

Pre mnohých ľudí je výroba elektrickej a tepelnej energie vzdialená. Väčšina domov získava elektrickú energiu z elektrárni a tepelnú z teplární. V prvej časti by som rád priblížil princíp výroby elektrickej energie pomocou alternatívnych zdrojov. Prostredníctvom vlastných zdrojov energie je dom schopný byť plne alebo čiastočne energeticky nezávislý. Taktiež pri vhodne zvolenom systéme, pre dané podmienky, je z dlhodobého hľadiska možné ušetriť financie. Získanú elektrinu je ďalej vhodné využívať na pohon tepelných čerpadiel (TČ). Výhodou TČ je ich vyššia účinnosť, tým pádom nižšia spotreba elektrickej energie. Vďaka tomu, že neprodukuje CO₂, je ekologickejší ako napríklad vykurovanie krbom. Pri energeticky sebestačnom dome je dôležité minimalizovať energetické straty. To sa môže doceliť kvalitnou izoláciou a vzduchotesnosťou daného domu. Dôležité je to najmä z dôvodu závislosti domu od vlastného zdroja energie. V poslednej časti sa venujem približnej orientácii cien pre určité alternatívne technológie.

2 Zdroj elektrickej energie

Jednou zložkou pri projektovaní a stavbe pre energeticky sebestačný dom je získavanie vlastnej elektrickej energie. To sa môže doceliť niekoľkými spôsobmi. Jednou cestou sú alternatívne zdroje elektrickej energie (viď nižšie). Ich výhodou je menej závažné znečisťovanie životného prostredia. Pri efektívnom použití a inštalácii alternatívnych zdrojov, môže byť dom plne nezávislý. Alternatívne zdroje popísané v tejto práci sú solárne panely, vodné malé vodné elektrárne a malé veterné elektrárne. Pozrime sa na oblasti, kde by bolo vhodné využiť to - ktoré riešenie. V oblasti strednej Európy by bolo najvhodnejšie aplikovať malé vodné elektrárne. Na severe, pri Baltickom mori, je dobre využívať silu vetra. Južnejšie v Európe je výhodne využívať solárne panely. Je veľmi potrebné správne určiť, ktorý zdroj je vhodný pre dané podmienky.

2.1 Solárne panely

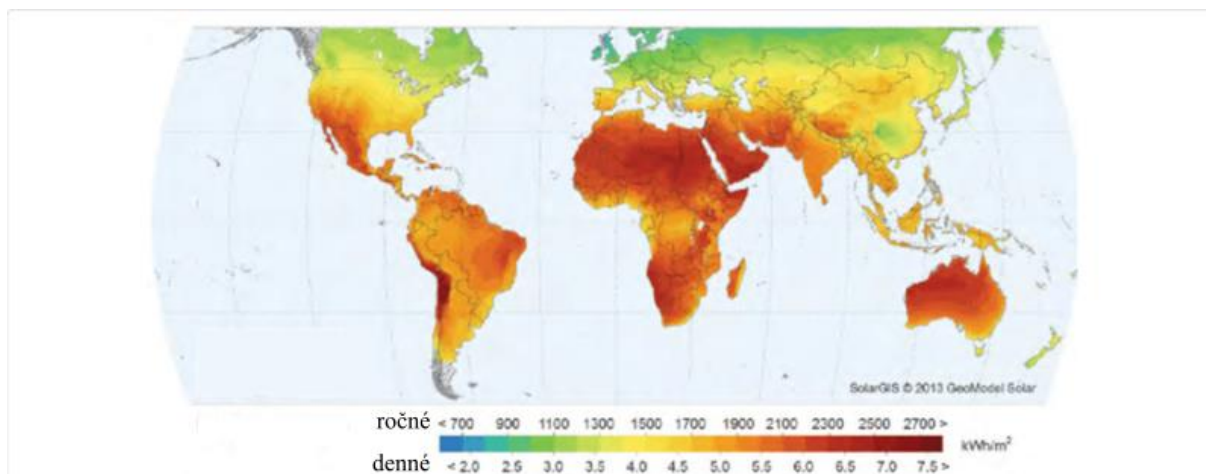
Solárne panely sa už od roku 1954 používajú pre získavanie elektrickej energie zo slnečného žiarenia, pomocou fotoelektrického efektu [1]. Vďaka novým objavom a zefektívňovaniu výroby sa solárne panely stávajú cenovo výhodné aj pre širšiu verejnosť. A aj z týchto dôvodov môžeme čoraz častejšie pozorovať solárne panely na strechách budov. So znižujúcou sa cenou solárnych panelov môžeme predpokladať nárast ich počtu aplikácií. Už v roku 2017 sa v celosvetovej produkcii elektrickej energie podieľala solárna s veternou výrobou energie s 3 %-mi [2]. Na vrchnej časti atmosféry je hustota dopadajúcej solárnej energie 1367 W/m^2 [3]. Táto energia sa kvôli atmosfére redukuje a na zem dopadá v priemere 1000 W/m^2 [4]. Vychádzajúc z tohto poznatku je veľký potenciál na rozvoj FV systémov.

Ďalšou výhodou solárnych panelov pre energeticky sebestačné domy, oproti veterným a vodným elektrárnam, je ich umiestnenie. Vodné elektrárne sú úzko viazané na zdroj tečúcej vody a veterné sú závislé od vhodného prúdenia vzduchu. Samozrejme, aj pri solárnych paneloch je určité obmedzenie, keďže takéto panely produkujú elektrickú energiu len v tom prípade, keď na ich povrch dopadajú slnečné lúče. Pre vhodnú účinnosť treba brať do úvahy intenzitu slnečného žiarenia a sklon uhla dopadu slnečného žiarenia. Tieto hodnoty sú dané aj umiestnením solárneho panelu na geografickej polohe Zemi. Napriek univerzálnosti umiestnenia majú FV panely aj svoje obmedzenia, ktoré uvádzam nižšie.

Ešte predtým, ako sa užívateľ budovy rozhodne umiestniť solárny FV systém, musí si zistiť niekoľko parametrov, ako sú napr. geografické údaje, množstvo slnečného žiarenia v danej oblasti, a okolitého prostredia. Z týchto a ďalších informácií sa následne môže rozhodnúť, či je technológia FV článkov v danom objekte / prostredí výhodnou investíciou.

Najskôr musíme určiť lokalitu na umiestnenie panelu vzhľadom ku zemepisnej polohe. Na to používame zemepisný koordinačný systém. Tento systém nám umožňuje špecifikovať polohu každého objektu pomocou dvoch súradníc: rovnobežkami a poludníkmi. Taktiež môžeme využiť GPS zariadenie na získanie týchto informácií.

Zrejme jedným z najdôležitejších parametrov je intenzita solárneho žiarenia. Ako môžeme vidieť na mape, globálne žiarenie na horizontálnu plochu nadobúda najväčšie hodnoty v trópoch. Taktiež je rozdielna distribúcia intenzity žiarenia počas roka. Čím viac sa posúvame na sever, tým sú rozdiely voči zime a letu markantnejšie. [5]



Obr. 1 Intenzita slunečného žiarenia [6]

Sezónna variácia je veľmi dôležitá pri návrhu solárneho systému. Napríklad z obr. 1 je vidieť, že intenzita žiarenia v Holandsku je okolo 1100 kWh/m² a v Abu Dhabi je okolo 2200 kWh/m². Takže, v Holandsku je potrebné dvojnásobné množstvo solárnych panelov, aby sme dosiahli rovnakú produkciu, ako napr.: v Abu Dhabi. [6]

Pri zisťovaní hodnôt intenzity slnečného žiarenia sa používa hardvér pyranometer alebo pyrhieliometer. V skratke, ide o elektrické zariadenia podobné fotodióde, ktoré merajú, koľko fotónov dopadá na ich plochu. Následne sa táto informácia spracováva pomocou softvéru. Na základe získaných hodnôt môžeme lepšie určiť vhodnosť inštalácie solárneho panelu. Intenzita slnečného žiarenia môže byť rozdelená do troch skupín. [5]

- žiarenie priamo od Slnka
- rozptyl žiarenia v dôsledku prítomnosti molekúl vzduchu
- treťou skupinou je albedo (ide o žiarenie odrazené od zemského povrchu)

Ďalším parametrom je vzduchová hmotnosť, ktorá je daná podielom reálnej vzdialenosti slnečného svetla cez atmosféru a minimálnej vzdialenosti, ktorá je získaná, keď je Slnko kolmé k povrchu. Tento aspekt taktiež ovplyvňuje účinnosť solárneho panelu. [5]

Pre efektívne umiestnenie FV panelu je nutné vedieť polohu Slnka v akomkoľvek časovom okamihu. Na to potrebujeme použiť zemepisný koordinačný systém a taktiež nebeský koordinačný systém. Na určenie trajektórie Slnka existuje niekoľko webových aplikácií, ako je napríklad Wolframalpha. Nadmorská výška Slnka sa počas roka výrazne mení od 19° až do 66° [7]. Taktiež dĺžka denného svetla sa zväčšuje / zmenšuje takmer o polovicu v závislosti od nadmorskej výšky. [5]

Ďalším dôležitým parametrom pri dizajne FV systému je uhol sklonu panelu. Správnym zvolením uhlu sklonu panelu môžeme výrazne zvýšiť efektívnosť FV systému. V lete je slnko vyššie a v zime naopak nižšie. Pri určovaní sklonu panelu je dôležité určiť ho tak, aby dopadalo čo najväčšie množstvo slnečného žiarenia kolmo na panel. [8]

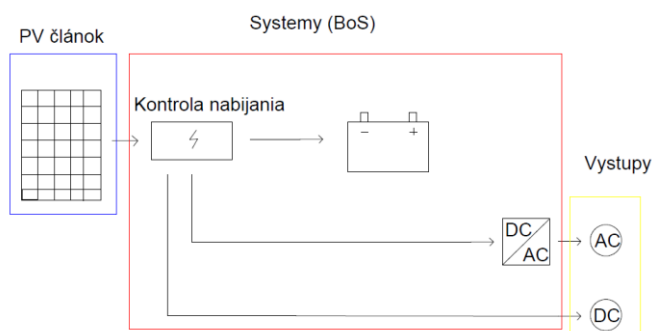
Existujú tri metódy inštalácie uhlu sklonu a to fixné, polohovateľné a sledovacie. Fixná z nich má najmenšiu účinnosť, ale jej inštalácia je jednoduchá a vhodná napríklad na strechy budov. Keď sa v leto a v zime zmení uhol sklonu panelu, zvýši sa využitie jeho potenciálu na 75.2 %, oproti 71.1 % pri fixnom uhle sklonu. Optimálna doba na zmenu sklonu na severnej pologuli pre letné obdobie je 30. marec a pre zimné obdobie 10. september. Pre oblasť Čiech je letný uhol sklonu 25.5° a zimný 63°. Ešte lepšia metóda je sledovať slnko pomocou

servopohonu. Vďaka tejto metóde je možné využiť 100 % potenciál solárneho panelu. Nevýhodou tohto systému je jeho vysoká cena. Ak uvažujeme o fixnom solárnom paneli, tak jeho optimálny uhol sklonu sa bude pri presune na sever zvyšovať. Napríklad v Prahe bude nadobúdať hodnotu 41.1° . [8]

FV systém sa skladá z niekoľkých komponentov, potrebných pre jeho fungovanie. Potrebné prvky solárneho systému sa určujú podľa typu solárneho systému. Tieto typy môžu byť buď pripojené na elektrickú sieť elektrárni alebo mimo siete. V prípade solárneho systému pripojeného na elektrickú sieť nie je potrebné mať batérie. V prípade, že solárne panely neprodujú dostatok elektrického prúdu, je možné čerpať elektrickú energiu z elektrárni. Ostatné komponenty sú pre obidva systémy rovnaké. Pre bežného užívateľa je z celkového solárneho systému najznámejší solárny panel. Ale na jeho správne fungovanie a činnosť sú potrebné ďalšie prvky. [9]

V systéme je potrebné postaviť konštrukciu, na ktorú sa panely môžu pripevniť. Ak chceme aplikovať danú technológiu pre rodinné domy, tak je zvykom ich montovať na strechu daného domu. Existujú aj alternatívne možnosti upevnenia.

Napríklad, ak má užívateľ / záujemca väčší pozemok, a z nejakého dôvodu sa nemôže solárny panel montovať na strechu domu, je možné tento systém upevniť prostredníctvom železnej konštrukcie na prislúchajúci pozemok. Z panelov je potrebné viesť káble o správnych rozmeroch (dĺžka, priemer). Pre solárny panel, ktorý je mimo siete, je potrebný aj prvok kontroly nabíjania. Manažuje nabíjanie batérie a prívod elektrickej energie vo výstupoch na danom dome, v danej lokalite. K batérii s funkciou úložiska elektrickej energie sa pripája menič prúdu, ktorý dodáva vhodný striedavý prúd pre energeticky sebestačný dom. [9]



Obr. 2 FV systém [spracované podľa 10]

V dnešnej dobe sa aj pomocou nových technológií zvyšuje účinnosť solárnych panelov. V roku 2000 bola účinnosť okolo 11 %, v roku 2018 bola maximálna hranica až 26,7 % [11, 12]. Reálne hodnoty komerčne dostupných solárnych panelov sa pohybujú od 16 % do 21 % [13]. Vďaka tomuto na rovnaké množstvo Wattov potrebujeme výrazne menšiu plochu. Účinnosť sa každým rokom zvyšuje a cena solárnych panelov klesá. Pri vhodných podmienkach je cenová investícia schopná vrátiť vynaložené prostriedky za zavedenie solárneho systému už za 8 až 10 rokov, pričom garancia od výrobcov na solárny panel je okolo 25 rokov [14].

V súčasnosti existuje niekoľko druhov FV panelov: ako sú monokryštalické (najbežnejšie), tenkovrstvé panely, CIGS/CdTe, III-V (používané v kozme) a organické FV. Každá technológia má svoje opodstatnenie a tým výhody aj nevýhody. Napr.: tenkovrstvé sú efektívne na miestach s malou nosnosťou preto, lebo majú nízku hmotnosť a taktiež sa dajú aplikovať do rôznych materiálov, ako napr.: Teslova škridla so zabudovaným solárnym

článkom. Najbežnejšie sú: c-Si (môžu byť buď mono-Si alebo multi-Si) a to z dôvodu ich cenovej prístupnosti a dlhšej garancii, na rozdiel od tenkovrstvých Si. Výrobcovia garantujú životnosť monokryštalických panelov od 25 do 30 rokov. [12]

Prvou metódou stratégie výrobcov pri určovaní záruky, bola kroková garancia.

- Prvých desať rokov garantujú účinnosť minimum 90 %.
- Ďalších dvadsať rokov garantujú účinnosť 80%.

Po uvedenom garančnom čase bude účinnosť solárneho panelu menšia ako 80 %.

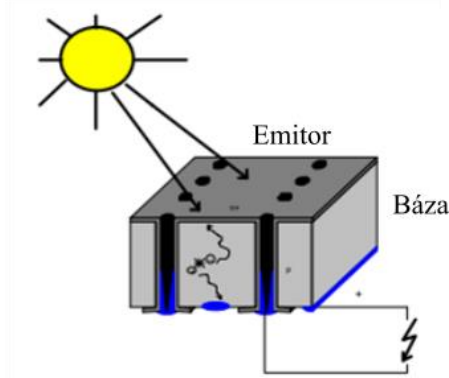
Druhá metóda záruky je lineárna metóda. Táto záruka je pre užívateľa výhodnejšia preto, lebo v akomkoľvek okamihu je účinnosť väčšia ako pri krokovej záruke. Práve lineárna garancia sa v dnešnej dobe stáva štandardom. [13]

- Prvých desať rokov garantujú účinnosť nad 90 % s lineárnym poklesom.
- Ďalších dvadsať rokov garantujú účinnosť 80% s lineárnym poklesom.

Tab. 1 Tabuľka garancie jednotlivých typov FV moduloch. [13]

Typ FV modulu	Účinnosť 90 % v rokoch	Účinnosť 80% v rokoch
c-Si modul	20	30
CdTe modul	10	25
tenkovrstvé	10	25

Okrem, už spomenutých štandardizovaných technológií pre FV panely, je snaha zvyšovať efektívnosť FV panelov, a to rôznymi úpravami, ktoré sú momentálne ešte v štádiu vývoja. V Holandsku bola spoločnosťou ECN vyvinutá technológia EWT (Emitter Wrap-Through). Snaha bola zväčšiť plochu na prednej strane FV článku a tým zvýšiť produkciu elektrického prúdu na danom FV článku. Podarilo sa im to pomocou laserom vytvorených dier a kontaktov na opačnej strane FV článku. Zatiaľ táto technológia bola testovaná len na rozmeroch o veľkosti $10 \times 10 \text{ cm}^2$, v laboratórnych podmienkach. [14]



Obr. 3 EWT panel [14]

2.2 Vodné elektrárne

Využívanie vodnej energie na pohyb strojov, ako boli mlyny, sa používalo už v druhom storočí pred našim letopočtom. Získavanie kinetickej energie z prúdiacej vody zabezpečovalo vodné koleso.

Už v roku 1882, v americkom štáte Wisconsin, aplikovali princíp vodného mlynu na výrobu elektrickej energie [16]. Odvtedy sa začali budovať veľké vodné elektrárne po celom svete. Výhodou vodnej elektrárne je jej vysoká účinnosť až okolo 90%. Vysoká účinnosť je spôsobená vďaka efektívnemu dizajnu turbíny a vďaka nízkym tepelným stratám. Vodná elektrárňa, na rozdiel od tepelných alebo jadrových, na roztáčanie turbíny nepoužíva paru. Nakoľko nezáleží na teplote vody, tepelné straty sú minimálne. Nevýhodou veľkých vodných elektrární je fakt, že sa musí pre vodnú nádrž, umelo vytvoriť rozmerovo veľká plocha. Čo znamená veľký zásah do lokálneho prostredia a môže mať za následok narušenie flóry a fauny alebo zmenu lokálnych klimatických podmienok. Na rozdiel od veľkých vodných elektrární takýto rozsiahly dopad na lokálne prostredie nemajú malé vodné elektrárne. Tie sú rozmerovo menšie, ale produkujú aj menšie množstvo elektrickej energie.

Výhodou malých vodných elektrární oproti solárnym vodným elektrárňam rovnakej veľkosti sú:

- vysoká účinnosť 70-90%
- vysoký faktor kapacity nad 50% oproti solárnym, 10% alebo 30% oproti veternej elektrárne
- pomalá zmena výstupnej práce
- výstupná práca je maximálna v zime

Malé vodné elektrárne produkujú výkon od 5 do 100 kW. Ich inštalácia je pomerne jednoduchá, rýchla a cenovo prístupná. Môžu dodávať elektrickú energiu ako k jednému spotrebiteľovi, tak aj k menším komunitám. Väčšinou sa skladajú z hornej nádrže, privádzacieho kanálu, škrtiaceho ventilu, turbíny, generátora, strojovne, odpadového kanála a dolnej nádrže. [17]

Pre správne fungovanie malej vodnej elektrárne treba pred stavbou prehodnotiť nasledovné parametre: [17]

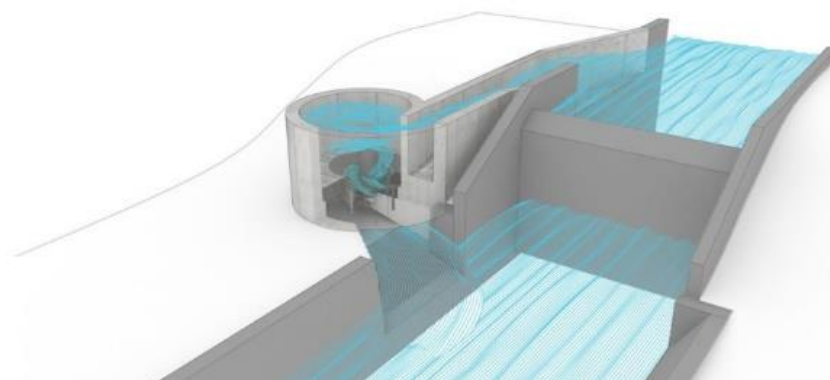
- Krivka trvania toku, teda pri výbere turbíny, je potrebné vedieť hlavne výškový rozdiel a prietok vody. Nakoľko malé vodné elektrárne využívajú len tečúcu vodu, na tvorbu elektrickej energie je potrebné vypracovať krivku trvania toku.
- Meranie prietoku, tu sa používa niekoľko metód. Najbežnejšou je metóda rýchlostnej plochy. Merajú sa iba dva parametre a to pričná plocha rieky a rýchlosť tečúcej vody.
- Prepád a otvorený kanál slúžia na reguláciu toku vody.
- Návrh hrablic. Na zamedzenie vniknutiu nežiadanych prvkov do systému malej vodnej elektrárne sa používajú hrablice o určitých rozmeroch, zväčša naklonených do uhla 60° až 80°. Medzery hrablic sú určené podľa typu turbíny.
- Privádzací kanál slúži na presun vody z vtokovej sústavy k turbíne. Na základe okolitých podmienok sa určí, či by malo byť potrubie zakopané v zemi. Z dôvodu námrazy. Ak áno, tak v akej hĺbke. Taktiež dôležitým parametrom je vnútorný priemer privádzacieho kanála. To sa počíta vzhľadom na dĺžku potrubia, celkového spádu a rýchlosti toku.

- Meranie spádu. Celkový spád je výškový rozdiel medzi hladinou vody pri vtoku a výtoku vody do turbíny. V dnešnej dobe sa využívajú na meranie celkového spádu vody moderné elektronické zariadenia s využitím GPS.
- Turbína. Ide o zariadenie, ktoré pretvára kinetickú energiu vodného toku na kinetickú energiu rotačného pohybu. Rotačný pohyb je ďalej využívaný v generátore na výrobu elektrickej energie. Z dôvodu správneho výberu turbíny je treba vedieť výkon a rýchlosť. Existuje niekoľko typov turbín. Z nich každá má svoje výhody a nevýhody a špecifické využitie. Najčastejšie sa používajú Kaplánova, Francisova a Poltónová.

Jednou z pomerne nových značiek malých vodných elektrární je Vortex od spoločnosti Turbulent. Jej výhodami sú: [18]

- potreba malého výškového rozdielu
- neškodná k rybám
- minimálna potreba údržby
- dlhá životnosť, okolo 30 rokov
- takmer žiadne riziko záplav
- jednoduchá inštalácia
- diaľková kontrola.

Daná vodná elektráreň Vortex nezasahuje do hlavného toku rieky. Napája sa prostredníctvom menšieho betónového kanálu, ktorý vedie tok vody do valcovej betónovej časti, v ktorej je umiestnená turbína. Následne sa umiestnia hrablice a rôzne iné doplnujúce komponenty. Výtok sa vracia späť do hlavného prúdu rieky. Vďaka pomaly sa rotujúcim lopatkám, ktorých design je usporiadaný tak, aby mali malé smykové napätie. Životnosť betónovej konštrukcie je 100 rokov a samotnej turbíny je 30 rokov. Spoločnosť Turbulent ponúka tri typy turbín. Výber turbíny sa realizuje na základe vopred zistených parametrov rieky. Spoločnosť Turbulent na svojej stránke poskytuje podrobnejšie informácie o inštalácii a výbere typu turbíny. [18]



Obr. 4 Malá vodná elektráreň od spoločnosti Turbulent [19]

2.3 Veterné elektrárne

Ľudstvo sa už od nepamäti snažilo využívať vo svoj prospech aj veternú energiu. Či už pre lode, poháňané vetrom alebo pre využitie veterných mlynov. S rozvojom elektrickej energie sa princíp veterných mlynov pretvoril na veterné elektrárne. Veterné elektrárne prevádzajú energiu vetra na kinetickú energiu rotačného pohybu. Vďaka napojenému generátoru sa vytvára elektrická energia.

Využívanie veterných elektrární je vhodné na území s priaznivými veternými podmienkami. Ako môžeme vidieť na obrázku, rýchlosť vetra je najvyššia v prímorských oblastiach. To sú práve miesta s najlepšimi podmienkami na inštaláciu veternej turbíny.

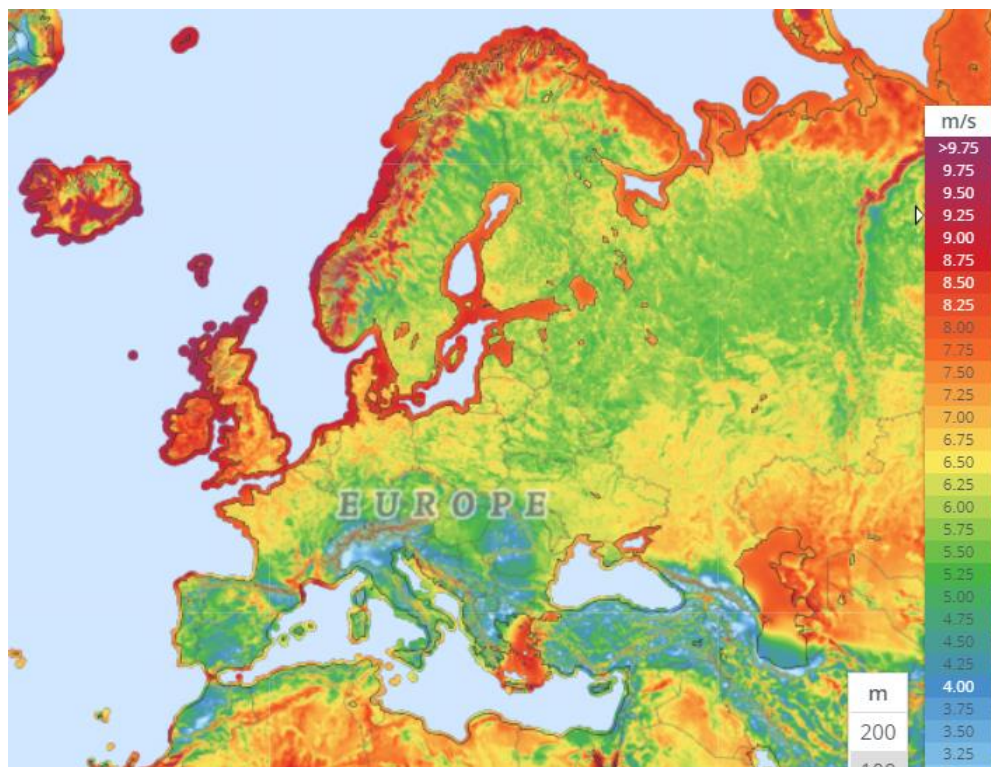
Klasické veterné elektrárne, ktoré dosahujú výšku od 60 m do 100 m, a s priemerom lopatiek 44 m, sú pomerne drahé a taktiež môžu výrazne narúšať vzhľad krajiny [20]. Čiastočným riešením daných nedostatkov môžu byť práve malé veterné elektrárne, ktorých cena je podstatne nižšia. Cena sa pohybuje od 30 000 € do 70 000 € [20]. Sú aj lacnejšie varianty pod 10 000 € [21]. Avšak takéto varianty nie sú vhodné pre dodávanie energie rodinných domov, z dôvodu nízkeho výkonu a účinnosti.

Malé veterné turbíny sú také, ktorých priemer rotora je pod 10 metrov. Pri rýchlosti vetra 11 m/s produkujú maximálne 20 kW elektrickej energie. [20]

Pri rozhodovaní inštalácie veternej turbíny je nesmierne dôležité zistiť na danom mieste priemernú ročnú rýchlosť vetra. Na fungovanie 6 kW veternej turbíny je potrebné mať priemernú ročnú rýchlosť vetra aspoň 5 m/s. [20]

Na určenie rýchlosti je najvhodnejšie na mieste plánovaného osadenia veternej turbíny nainštalovať anemometer na miesto plánovanej inštalácie veternej turbíny. Minimálna doba získavania údajov z anemometra je 1 rok. Pre presnejšie výsledky sa odporúčajú 3 roky. Doporučujú sa získať aj informácie o rýchlosti vetra, ktoré sa získajú z najbližšej meteorostanice. Údaje získané z obidvoch meraní je potrebné porovnať. [20]

Veterná turbína optimálne operuje v laminárnom prúdení. V reálnej praxi sa laminárne prúdenie nevyskytuje. Je potrebné sa priblížiť k relatívne laminárnemu prúdeniu. Akékoľvek turbulentné prúdenie dramaticky znižuje účinnosť veternej turbíny. Z toho vychádza, že ďalším dôležitým parametrom pri inštalácii je práve určiť miesto s minimálnym turbulentným prúdením. Najhoršie umiestnenie na inštaláciu veternej turbíny je strecha alebo akékoľvek prostredie, ktoré svojim geometrickým tvarom vytvára turbulentné prúdenia. Laminárnosť prúdenia vzduchu je závislá na výške od povrchu zeme. Väčšinou platí, že vyššia výška spôsobuje menej turbulencií. Vhodná výška umiestnenia turbíny je závislá na danom mieste. Napríklad potrebnú výšku môžu určovať okolité stromy, kopce alebo budovy. Väčšinou laminárne prúdenie je vo výške nad 19 m. Jedným z menej presných, ale jednoduchých a rýchlych pravidiel na určenie výšky veternej turbíny je výška minimálne 10 m nad najbližšou prekážkou, pričom vzdialenosť od prekážky má byť 150 m. Presnejším predpokladom je určiť si pomyselnú kupolu nad miestom inštalácie veternej turbíny. Jej výška je dvojnásobkom výšky prekážky a priemer plochy je dvadsať násobkom výšky danej prekážky. V oblasti pod kupolou sa vyskytuje turbulentné prúdenie, spôsobené prekážkami vyskytujúcimi sa v danej pomyslenej kupole. Pri umiestnení veternej turbíny je vhodné inštalovať turbínu mimo spomenutého miesta. [20]



Obr. 5 Priemerná rýchlosť vetra v Europe [22]

Veterné turbíny by sa mohli rozdeliť do dvoch hlavných skupín: [23]

- s horizontálnou osou
- s vertikálnou osou

Najznámejšie sú veterné turbíny s horizontálnou osou. Tieto môžeme vidieť aj na Slovensku, aj v Česku, v podobe veľkých veterných turbín. Často, pri veterných turbínach s vertikálnou osou, sa uvádza ako výhoda jej vyššia účinnosť. Najčastejší argument je, že vertikálna veterná turbína je vždy orientovaná na stranu prúdenia a tým vždy produkuje elektrickú energiu. Taktiež horizontálne veterné turbíny sa môžu prispôbiť orientácii vetra. Pri horizontálnych trvá nejakú dobu, pokým sa otočia; nie sú schopné sa otáčať za krátku dobu. Náhle zmeny orientácie vetra indikujú prítomnosť turbulentného prúdenia. A to má negatívny vplyv na účinnosť veternej turbíny ako vertikálnej, tak aj horizontálnej.

Veterné turbíny s vertikálnou osou sa delia na Savoniove, Darrieusove a Lenz turbíny. Najjednoduchšou je Savoniova. Jeho výhodou je rozbeh už pri nižších otáčkach. Jeho účinnosť je pomerne malá. Darrieusova turbína má lepšiu účinnosť, ale na počiatočný rozbeh často potrebuje prídavný motor. Turbína Lenz využíva tlak vetra a vztlak na rotačný pohyb turbíny. [24]

3 Zdroje tepla

Pre energeticky sebestačné domy je podstatná, okrem produkcie elektrickej energie, aj produkcia tepelnej energie. Na to, aby sa dalo príjemne žiť v rodinnom dome, je potrebné mať priaznivú teplotu. Pre územie strednej Európy sú charakteristické štyri ročné obdobia. V lete je potrebné znižovať teplotu v domoch a v zime naopak zvyšovať. Pri čoraz väčších tepelných výkyvoch je potrebné vynaložiť viac práce na udržanie konštantnej teploty v domácnostiach. Väčšinou na reguláciu teploty sa používa buď elektrická energia alebo energia získaná zo spaľovania fosílnych palív. Spôsob získavania energie zo spaľovania fosílnych palív je škodlivý pre ekológiu, čím vytvárame, okrem iného, aj globálne otepľovanie. V súčasnej dobe je snaha zredukovať znečisťovanie Zeme ako celku. Jedným z týchto faktorov je redukcia emisii CO₂. To môžeme doceliť redukciami zariadení spaľujúcich fosílnu palivá. Tepelné čerpadlá, s prepojením na alternatívne zdroje elektrickej energie, sú schopné výrazne zredukovať emisie CO₂. Okrem toho je vhodné sa zaoberať aj pasívnou reguláciou tepla. Ako aj vhodným zvolením stavebného materiálu alebo celkovým dizajnom budovy.

3.1 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo bolo prvýkrát zostrojené v 40.-tich rokoch 19. storočia americkým vynálezcom Robertom C. Weberom [25]. Tepelné čerpadlo získava teplo z okolitého prostredia, ktoré dodáva do priestorov budovy. Ako médium na prenos tepla sa väčšinou používa kvapalina (nemrznúca zmes). Kvapalina ohriata okolitým prostredím je privádzaná do budovy pomocou kompresoru. Vďaka tomuto procesu sa dostane teplo do budovy. Tento proces sa cyklicky opakuje. Taktiež môžeme odvádzať teplo z budovy do vonkajšieho prostredia, čím znížime teplo v miestnosti. [26]

Hlavným parametrom tepelného čerpadla je tepelný faktor (COP – Coefficient of Performance), ktorý vyjadruje účinnosť zariadenia. Inými slovami: pomer medzi získanou tepelnou energiou a potrebnou elektrickou energiou. Pri dobrých tepelných čerpadlách je tepelný faktor na hodnote 7. V praxi sa táto hodnota pohybuje medzi 2,5 až 5. Nie je to stabilná hodnota. Závisí na prevádzkových podmienkach. [26]

Veľkou výhodou TČ je ich nulová produkcia emisii CO₂, nakoľko pri produkcii tepla sa nespália fosílna palivá. K znečisťovaniu prispievajú len svojou výrobou, montážou a prípadne odberom elektrickej energie. V prípade, že sa zaoberáme prepojením tepelného čerpadla s alternatívnym zdrojom elektrickej energie, môžeme jeho celkovú záťaž na životné prostredie o niečo znížiť. V oblasti Čiech a Slovenska nie sú ešte natoľko používané. Vo Švédsku sú tepelné čerpadlá inštalované v 30 % rodinných domov. Najbežnejšia kúpa a inštalácia tepelného čerpadla vychádza o 7 700 € až 9 700 € drahšie, ako inštalácia plynového kúrenia. Ročne je možné vďaka zavedeniu čerpadla ušetriť 770 až 1 100 €. Návratnosť investície nákladov je v rozhraní 7 až 9 rokov. [26]

Existuje niekoľko typov tepelných čerpadiel a to sú: [26]

- **Tepelné čerpadlo typu zem / voda** – tento systém patrí k veľmi rozšíreným. Vďaka uloženiu kolektorov do zeme, patrí k stabilným systémom. Najväčšou nevýhodou je nutnosť zemných prác. Na uloženie kolektorov je treba vykopať vedenie. Hĺbka musí byť so stálou teplotou počas celého roka. Podľa umiestnenia kolektorov sa delia na zemné kolektory (horizontálne umiestnenie) a geotermálne vrty (vertikálne umiestnenie).
- **Tepelné čerpadlo typu vzduch / voda** – odoberá teplo z okolitého vzduchu a prostredníctvom kvapaliny prepravovanej v trubkách roznáša teplo po budove. Výhodou je jednoduchá inštalácia. S tým sú spojené aj nižšie náklady na montáž a nie je potrebné vykonávať zemné práce. Nevýhodou je menšia účinnosť a hlučnosť. Kvalitnejšie systémy produkujú 40 dB na 5 metrov.
- **Tepelné čerpadlo typu voda / voda** – tepelná energia sa odoberá najčastejšie z podzemných vôd. Podzemné vody majú najstabilnejšiu teplotu okolo 10°C. Následne je teplo pomocou média (vody) roznášané systémom a ohrieva priestor budovy. Pri tomto type tepelného čerpadla je potrebné mať dve studne. Jednu studňu zdrojovú a druhú vsakovaciu. Nevýhodou sú pomerne vysoké náklady na prevádzku, z dôvodu spotreby elektrickej energie na čerpanie vody.
- **Tepelné čerpadlo typu vzduch / vzduch** – odoberajú teplo z okolitého vzduchu a privádzajú ho prostredníctvom vzduchotechniky do vnútornej časti budovy. Tento typ je jednoduchý na inštaláciu a je veľmi rozšírený aj v bytových domoch.

V tejto časti sa chcem hlavne zamerať na tepelné čerpadlo typu zem / voda pre energeticky sebestačné domy. Keď sa správne nainštaluje tepelné čerpadlo tohto typu, môžeme výrazne zredukovať spotrebu elektrickej energie. Vďaka tomuto je možné inštalovať menej výkonné zdroje elektrickej energie.

Najzložitejšou operáciou pri inštalácii tepelného čerpadla typu zem / voda je umiestnenie tepelného kolektoru. Existujú dva spôsoby: plošný kolektor alebo geotermálny, vertikálny vrt. Lacnejšou variantnou je plošný kolektor. Nie je nutné kopat' do veľkej hĺbky. Nevýhodou tohto spôsobu je potreba veľkej plochy. To môže byť problém hlavne vtedy, ak k danému objektu prináleží malý pozemok. Ďalším negatívom je menšia účinnosť než pri vrte. Pri inštalácii sú dôležité termické vlastnosti pôdy. Nakoľko pôda získava teplo aj zo slnečného žiarenia, je podstatné, aby pôda, kde je umiestnený plošný kolektor, nebola tienená voči slnečnému žiareniu. V našej oblasti je vhodné umiestniť potrubie kolektorov do hĺbky 1,2 m až 1,5 m. Potrebné je vybrať hĺbku tak, aby počas celého roka nezamrzala. Ďalej sa odporúča dĺžka jednotlivých okruhov od 100 do 300 m. Dôležité je taktiež zabezpečiť kvalitnú izoláciu častiam vystaveným okolitému prostrediu. Všetko z dôvodu zamedzenia úniku tepla do prostredia. Najčastejšie sa používajú potrubia o priemeroch 25 mm, 32 mm, 40 mm. Pri 2400 hodinách prevádzky tepelného čerpadla je možné získať, v závislosti od druhu pôdy, 8 - 32 W/m². Ako materiál kolektorov sa často používa vysoko hustý polyetylén. Materiál potrubia sa určuje podľa typu pôdy, v ktorej bude uložený. Ak má pôda menšiu hmotnosť, môže sa uplatniť menej odolný materiál. [26]

V súčasnej dobe existuje niekoľko spôsobov uloženia plošných kolektorov. V prípade nutnosti terénnych úprav, po inštalácii kolektorov, sa odporúča kompletná skrývka. Klasickejšou metódou je výkop bagrom. Táto metóda je menej náročná a je aj rýchlejšia. Napriek tomu najrýchlejším spôsobom je drážka, vytvorená zemným ryhovačom. Okrem rýchlosti je jej výhodou malé zosadenie pôdy (len v oblasti ryhy). Drážka má šírku 10 cm až 15 cm. [26]

Geotermálne, vertikálne sondy sú cenovo náročnejšie na inštaláciu, než plošné TČ. Veľkou výhodou geotermálnej, vertikálnej sondy je vysoká efektivita a potreba menšieho pozemku na zavedenie kolektorov. Najčastejšie sa vykopávajú vrty o hĺbke 70 m až 140 m. V prípade použitia niekoľkých vrtov sa môže ich celková hĺbka rozdeliť na jednotlivé vrty. Väčšinou platí minimálna hĺbka vrtu 50 m. Vzdialenosť jednotlivých vrtov by nemala byť nižšia ako 10 m. Pri inštalácii tepelného čerpadla je dôležité dbať na správne dimenzovanie. Pri poddimenzovaní neprodukuje pre rodinný dom potrebné teplo. Na druhej strane, pri predimenzovaní môže vyčerpať tepelnú energiu danej pôdy a tým znemožniť ďalšie odoberanie energie. Predimenzovaný systém môže spôsobovať ochladzovanie samotnej pôdy. Nakoľko pôda nebude mať čas na tepelnú regeneráciu, nemôže poskytovať systému dostatok tepelnej energie. [26]

Dôležitou časťou systému je aj vnútorný okruh, ktorý privádza teplo do priestorov. Najčastejšie sa pri type zem / voda odporúča, aby bolo potrubie v podlahe zaliate betónom. Táto metóda patrí k veľmi efektívnym. Hranica teploty vody v potrubí je max 50 °C. Teplota vody vo vnútornom okruhu je podstatná. Môže veľmi ovplyvniť účinnosť celého systému. S menšou teplotou môžeme dosiahnuť väčšiu efektivitu. Optimálna hodnota teploty je do 40 °C. [26]

Dôležité faktory pri posúdení vhodného typu tepelného čerpadla pre daný energicky sebaostačný dom sú: [26]

- skutočná tepelná strata domu
- možnosť zníženia tepelnej straty
- veľkosť kapacity elektrickej prípojky
- požiadavky na chladenie
- požiadavky na riadené vetranie
- veľkosť pozemku na zemný kolektor
- možnosť vŕtania geotermálneho vrtu
- vhodnosť umiestnenia vonkajšej jednotky vzduchového tepelného čerpadla
- možnosť využitia spodnej vody
- možnosť využitia iného vhodného zdroja primárneho tepla pre tepelné čerpadlo

Po zhodnotení všetkých potrebných parametrov je možné sa rozhodnúť pre správny typ tepelného čerpadla. Výber tepelného čerpadla značne ovplyvňuje cenu a výslednú návratnosť investície. Cena tepelného čerpadla sa pohybuje v tisícoch Eur a preto by sa táto investícia mala dôkladne zvážiť [26].

3.2 Fototermické kolektory

Solárne kolektory slúžia na ohrev vody pomocou slnečného žiarenia. Kolektory využívajú energiu zo žiarenia, na produkciu tepla. Následne sa získané teplo používa na ohrev vody. Ďalej je ohriata voda regulovaná v rôznych systémoch a využívaná je na chod domácnosti. Solárna energia je energia prichádzajúca zo Slnka vo forme elektromagnetického žiarenia.

Vo svojej podstate, na stanovenie vhodných parametrov pri inštalácii, vychádzame z podobných úvah ako v prvej kapitole o FV paneloch. Tento systém má mnoho výhod a pri priaznivých podmienkach je aj jeho cenová návratnosť vysoká. Jednou z výhod je jeho druh inštalácie. Na rozdiel od čerpadiel typu zem / voda nie je nutné vykonávať zemné práce. Solárne kolektory sa najčastejšie umiestňujú na strechy rodinných domov. Vďaka tomuto spôsobu inštalácie nezaberajú priestor. Taktiež nie je potreba veľkého pozemku. Hlavnou nevýhodou je jeho sezónny charakter.

Na trhu je niekoľko typov solárnych kolektorov. Každý z nich má svoje charakteristické vlastnosti.

- Rovinné kolektory
- Vákuové / trubicové kolektory
- Koncentrujúce kolektory

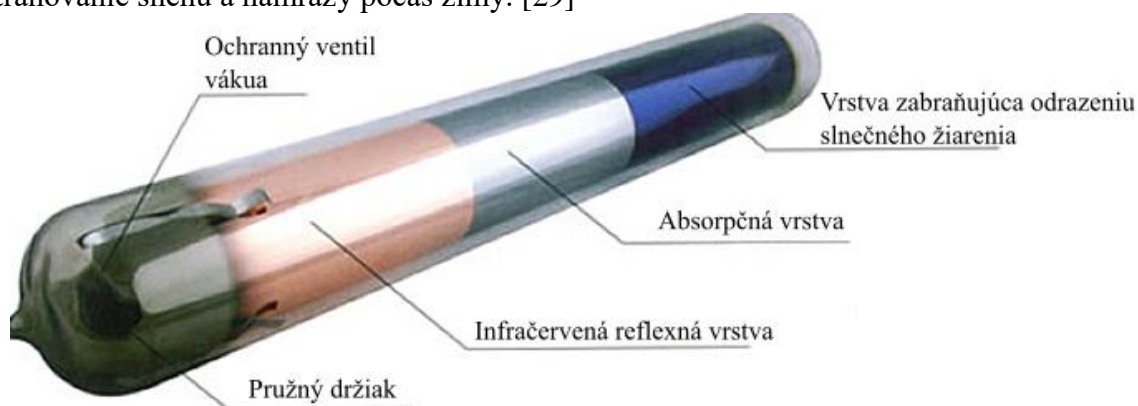
Pre rodinné domy sa najčastejšie uplatňujú rovinné a vákuové kolektory. Hlavne z dôvodu cenovej prístupnosti a možnosti ich jednoduchšej inštalácie na strechy rodinných domov.

Rovinné kolektory sú najčastejšie používané pre rodinné domy. Prvý kolektor tohto typu bol vyrobený v 1950 roku. Typický rovinný kolektor sa skladá z pohlcovača, transparentného, ochranného skla a z izolovaného obalu. Pohlcovač je vyrábaný z kovu o vysokej tepelnej vodivosti. Nevystavené časti kolektoru voči slnečnému žiareniu sú voči úniku tepla dôkladne izolované. Ochranné sklo chráni pohlcovača voči ochladzovaniu spôsobeného prúdením vzduchu. [27]



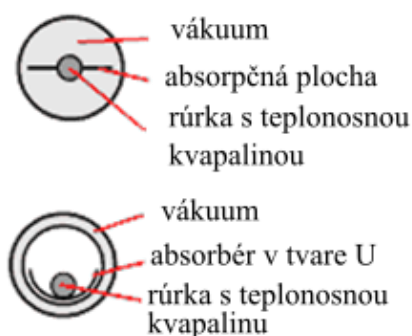
Obr. 6 Solárny kolektor [28]

Vákuové trubicové kolektory sa skladajú z jednej vonkajšej priehľadnej a druhej vnútornej sklenenej rúry. Sklo je zhotovené tak, aby odolávalo nepriaznivým poveternostným podmienkam. Dôležitou zložkou je prítomnosť absorpčnej vrstvy a vrstvy zabráňujúcej odrazom slnečného žiarenia. Potrebné vrstvy sú umiestnené na vnútornú sklenenú trubicu. Vďaka energii získanej zo Slnka sa ohrieva teplotná kvapalina v rúrke zvaranej na absorbéri. Strieborná vrstva vo vnútornej trubici zabráňuje odrazu tepla získaného radiáciou. Teplo z ohriatej kvapaliny je ďalej použité prostredníctvom konvekcie na ohrev vody. Výhodou tejto technológie je jej vyššia účinnosť v porovnaní s plochými kolektormi. Vďaka vákuovej časti je teplo lepšie chránené voči úniku. Z dôvodu absencie média, v ktorom by sa mohlo teplo šíriť. Nevýhodou vákuového prostredia je vznik veľkého tlakového rozdielu voči atmosférickému tlaku. Sice vákuové trubice sú vyrábané z borokremikového skla, kvôli pôsobeniu vyššieho tlakového rozdielu sú viac namáhané a tým náchylnejšie na poškodenie. Druhý prvok, ktorý zvyšuje účinnosť tohto systému, je jeho geometrický tvar. Vďaka valcovému tvaru dlhšiu dobu dopadajú slnečné lúče kolmo na povrch. Nevýhodou daného tvaru je vyššia náročnosť na odstraňovanie snehu a námrazy počas zimy. [29]



Obr. 7 Vákuový trubicový kolektor [29]

Samotné trubice pri vákuových kolektoroch sa delia podľa umiestnenia absorpčnej plochy na dva základné druhy. Prvý z nich má absorpčnú plochu lokalizovanú vo vákuu. V druhom prípade je absorbér umiestnený v dutine s atmosférickými podmienkami. [30]



Obr. 8 Vákuový trubicový kolektor [30]

Vákuové trubicové kolektory majú vyššiu účinnosť oproti rovinným kolektorom, hlavne v zimnom období. Z toho vychádzajúc, pre naše podnebie, sú vhodnejším riešením. Jedným z ďalších faktorov pri hodnotení vhodnosti je cena. Rovinné kolektory sú lacnejšie a tým v niektorých prípadoch môžu vyvážiť vyššiu účinnosť vákuových. [30]

Koncentrujúce kolektory sa prevažne inštalujú na zem a tým zaberať viac miesta. Ale pri rodinných domoch sa nevyužívajú.

3.3 Pasívne zdroje tepla

Pasívne zdroje tepla sú výhodné ako doplnok k aktívnym zdrojom energie. Väčšinou umožňujú efektívne získavať a akumulovať energiu zo slnečnej energie alebo z pôdy. Jedná sa hlavne o vhodne použitý dizajn budovy a vhodne zvolené materiály. Pred vznikom elektrickej energie a rozvojom priemyslu naši predkovia využívali rôzne iné spôsoby, ako vytvárať teplo v budovách. Veľkú časť tvorila energia získaná zo spaľovania drevín. Avšak ,aby zamedzili úniku tepla, používali menšie okná a vhodné materiály. Naopak, napríklad Japonci využívali strechu a orientáciu okien na získavanie tepelnej energie zo Slnka. Vďaka špecifickému dizajnu bola tepelná energia schopná sa akumulovať. V dnešnej dobe máme celý rad prístrojov, ktoré sú schopné ohrievať, alebo naopak ochladzovať miestnosti budov. Na chod týchto prístrojov je potrebné dodávať externú energiu. Väčšinou v podobe elektrickej energie alebo spaľovaním látok. Spotrebou elektrickej energie alebo spaľovaním spôsobujeme znečisťovanie Zeme. Okrem toho aj chod týchto zariadení je spoplatnený. Musí sa platiť za chod týchto zariadení. V dnešnej dobe je veľká snaha znížiť znečisťovanie a produkciu CO₂. Vďaka pasívnym zdrojom energie by sa to dalo čiastočne doceliť. Naďalej by bolo potrebné používať zariadenia na ohrev a chladenie, ale v menšom rozsahu.

V roku 1991 rakúsky fyzik Dr. Feist sa prvýkrát pokúsil o koncept pasívneho domu s využitím moderných dostupných technológií. Pasívny dom musí spĺňať niekoľko parametrov: [31]

- správnu orientáciu
- vzduchotesnosť
- správnu izoláciu
- zamedzenie tepelných mostov
- vhodné okná
- vzduchotechniku

Zo všetkého je potrebné najskôr riešiť orientáciu samotného domu voči Slnku a prostrediu. Riešiť orientáciu domu je možné len pri jeho stavbe. Z toho vyplýva, že riešiť tento bod je možné len pre novostavby. Vďaka vhodnej orientácii je možnosť znížiť spotrebu energii a skvalitniť život pre užívateľov daného domu.

Tab. 2 Tepelne straty pre rôzne hodnoty U [32]

Hodnoty U W/m ² K	tepelné straty W	Ročné tepelné straty kWh/rok	cena za rok €/rok
1,00	3,3	7,8	515
0,80	2,64	6,2	409
0,60	1,98	4,7	310
0,40	1,32	3,1	205
0,20	660	1,6	106
0,15	495	1,2	79

Izolácia slúži na spomalenie prenosu tepla spôsobom vedenia a konvekciou medzi vnútornými priestormi domu a vonkajším prostredím. Mieru priestupnosti udáva súčiniteľ prestupu tepla značený ako U . Materiály s dobrými izolačnými vlastnosťami majú nízke hodnoty, pohybujúce sa v desatinách až tisícinách W/m^2K . Vďaka zavedeniu izolačnej vrstvy môžeme znateľne zredukovať ročné náklady na vykurovanie.

Pre štandardné pasívne domy v Európe, v našom prípade v strednej Európe, by sa mala hodnota U pohybovať medzi 0.10 a 0.15 $W/(m^2K)$. Každý materiál má rozdielne hodnoty U . So zmenšujúcou sa hodnotou U sa nepriamo úmerne zväčšuje cena materiálu. Nižšie uvedená tabuľka slúži na porovnanie hodnôt U pre rozdielne materiály. [32]

Tab. 3 Tepelná vodivosť materiálov a hrúbka na dosiahnutie $U=13 W/ m^2K$ [32]

Materiál	Tepelná vodivosť	Potrebná hrúbka na $U=13 W/ m^2K$
betón	2,3	17,30
tehla	0,8	6,02
mäkké drevo	0,13	40,98
klasická izolácia	0,040	0,30
vysoko kvalitná izolácia	0,025	0,19
vákuový izolačný materiál	0,008	0,06

V závislosti voľby materiálu je možné ušetriť ročne až 500 €. Životnosť klasickej izolácie sa pohybuje v hodnotách desiatok rokov. Prvotná investícia na zateplenie rodinného domu sa môže pohybovať okolo 8 000 €. Cena zateplenia je závislá na voľbe materiálu a veľkosti plochy, na ktorú by sa inštalovala. Pri správnych podmienkach by sa táto investícia mala časom vrátiť. Izolácia stien domu je len jednou zložkou celkovej izolácie budovy. Ďalším faktorom ovplyvňujúcim mieru úniku tepla, sú okná. V skutočnosti najviac tepla vniká a uniká prostredníctvom okien. Okná tvoria významnú zložku získavania tepelnej energie. Taktiež vďaka oknám nie je treba počas dňa svietiť a tým sa šetrí elektrická energia. Cez okná sa prenáša teplo tromi spôsobmi a to konvekciou, vedením a radiáciou. Na zamedzenie úniku tepla vedením sa vyrábajú dvojvrstvové aj trojvrstvové okná. Optimálne je, aby mali medzeru medzi sklami do 2 cm. Medzera medzi oknami slúži ako izolácia. Hodnota U vzduchu je znateľne menšia v porovnaní skla. Vzduchový priestor medzi sklami by nemal byť vyšší z dôvodu zamedzenia prúdenia. Ďalšie prúdenie vo vnútri dutiny by mohlo spôsobiť ochladenie samotného skla. Najideálnejším prípadom by bolo, mať v dutine vákuum. Problém s vákuom je vznik veľkého tlakového rozdielu. Klasické sklo by nebolo schopné udržať, pri daných rozmeroch, integritu. To by mohlo viesť k prasknutiu. Ďalšou zaujímavou vlastnosťou skla je skleníkový efekt.

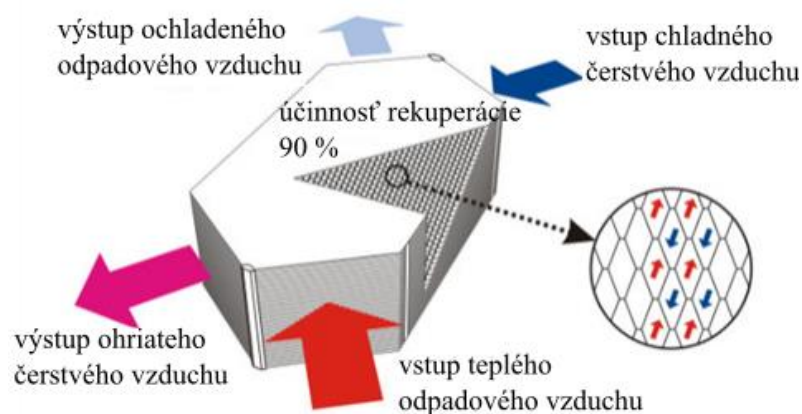
Klasické sklo je schopné prepúšťať energiu o vyšších vlnových dĺžkach. Naopak, energiu o nízkych vlnových dĺžkach neprepúšťa. Vďaka tomuto faktu je schopné akumulovať energiu získanú zo slnečného žiarenia. (Energia zo slnečného žiarenia preniká cez sklo, avšak pri odraze od objektov na druhej strane skla je vlnová dĺžka menšia a už ju sklo nepusti von). V prípade skleníkov je to priaznivá vlastnosť. Počas zimného obdobia je to lacný a efektívny spôsob získavania a uchovávanie tepla. Naopak, počas letných mesiacov sa vyžadujú opačné vlastnosti. Dnes je možné použiť okná s ochrannou fóliou. Fólia je schopná odrážať až 47 % slnečného žiarenia [33]. Tým sa môže zredukovať ohrev priestorov a ušetriť na spotrebe elektrickej energie.

Po inštalácii dobrej izolácie a dobre tesniacich okien sa obmedzí únik tepla z budovy. Nevýhodou je vzduchotesniaca budova. Na kvalitné podmienky pre život je potrebné vetrať vzduch. Na to môže slúžiť vzduchotechnika. Správne vetranie môže byť zabezpečené buď pasívnym alebo aktívnym systémom. Vetranie by sa dalo rozdeliť do troch hlavných skupín:

- vetranie cez škáry / nedokonalosť stavby
- vetranie pomocou otvárania okien
- ventilácia zabezpečená aktívnymi zariadeniami

Prvé dva typy vetrania sú najjednoduchšie. Vetranie cez škáry je spôsobené slabou tesniacim domom. Vďaka tomu sa budova zbavuje prebytočnej vlhkosti. Vetranie pomocou otvorenia okien je tiež jednoduché a nie sú potrebné žiadne dodatočné investície za ventilačný systém. Nevýhodou je potreba neustáleho otvárania a zatvárania okien. Spoločnou nevýhodou týchto dvoch systémov je unikanie tepla a tým sa zvyšuje spotreba energie na ohrev budovy.

Ďalej existuje spôsob aktívneho vetracieho systému. Vetranie je zabezpečené vetracím zariadením. Dané vetracie zariadenie je schopné minimalizovať únik tepla a napriek tomu zaistiť výmenu vzduchu. Systém neustále odoberá vydýchaný vzduch a vháňa čerstvý vzduch z vonku. Minimalizácia úniku tepla je zabezpečená výmenníkmi tepla (viď. Obr. 2.3.9). Teplý vzduch odobratý z miestnosti ohrieva studený vzduch prichádzajúci z vonku. Moderné technológie sú schopné vymeniť 75 % až 95 % pôvodného tepla. Priemerné straty pri ventilácii tohto druhu sa pohybujú medzi 2 kWh/m² až 7 kWh/m². Všetky pasívne budovy majú ventiláciu s výmenníkom tepla, aby minimalizovali straty. Vďaka tomu sa zníži spotreba elektrickej energie. Pre sebestačné domy je zníženie elektrickej spotreby potrebné na zredukovanie ceny celkového systému. [34]



Obr. 9 Protiprúdový rekuperačný výmeník [35]

4 Úložiská energie

Důležitou součástí při energeticky sebestačných domoch je úložiště energie. Charakteristika produkce energie při alternativních zdrojích je nestabilná. V domácnostech je potřebné mít stabilní přísun elektrické energie. Z tohoto důvodu se instalují úložiska elektrické energie. Úložištěm elektrické energie jsou baterie. Okrem úložiště elektrické energie je možné instalovat úložiště tepelné energie. Úložiska tepelné energie nejsou natoľko důležité, ako elektrické baterie. Úložiska tepelné energie nám môžu při vhodných podmínkách zefektivnit spotřebu elektrické energie. Na trhu existuje veľa výrobců elektrických baterií a tepelných baterií. V současné době klesají ceny baterií, vďaka čomu sa zvyšuje ich používanie v praxi.

4.1 Uskladnění elektrické energie

Baterie, ako úložiště elektrické energie pro sebestačné domy, jsou nevyhnutnou součástí alternativních zdrojů. Elektrina, produkovaná alternativními zdroji, ako jsou solární panely alebo veterné turbíny, je nestabilná. V dnešní době je nevyhnutné mít spolehlivý zdroj elektrické energie. Veľa spotřebičů v domácnosti funguje na elektrické energii. Spotřebič, ako napr. chladnička, potřebuje neustálý přísun energie. V případě nestálého přísunu elektrické energie by strácela svoju funkci. To isté platí aj pre internet a jiné zariadenia.

Podstata systému s baterií je v uskladňování elektrické energie. Zdroj elektrické energie, napr. solární panel, produkuje elektrinu počas dňa. Energia, která sa přímo nespotebkuje, sa dále ukládá do baterie. Neskôr, keď solární panel neprodukuje elektrickou energii, je možné získávat elektrickou energii z baterií. Pomocou tohoto systému je možné neustále mít spolehlivý zdroj energie.

Při výběru baterie je nevyhnutné zvážit několik parametrů. Hlavným z nich je kapacita a výkon. Když je potřebné docílit určitý výkon potřebný pro domácnost, je potřebné vybrat baterii so správnými parametry výkonu a kapacity. Kapacita je množství elektrické energie, kterou je schopné uložit. Kapacita se udává v kWh. Je běžné použít několik baterií na dosiahnutie požadovanej kapacity. Výkon reprezentuje množství energie, kterou je schopné dodávat právě baterie v danom okamihu. Výkon se udává v kW. So zvyšujícími sa parametry výkonu a kapacity sa zvyšuje aj cena samotnej baterie. [36]

Dalším důležitým parametrem je hloubka vybití alebo DoD (depth of discharge). DoD je využitelná kapacita baterie. Většina solárních baterií potřebuje určité množství energie na fungovanie chemických reakcí. To znamená, že určité procento kapacity baterie je nevyužitelné. Baterie při vybíjení by nemala klesnout pod tuto hodnotu. Většinou sa hodnota DoD pohybuje v 90 %. [37]

Podobne ako DoD, je důležitá aj vysoká účinnost baterie. S vyššou účinností docielime väčšiu úsporu financií. Když aj baterie mají určité straty, nikdy nedocielime 100 % účinnost. Avšak s kvalitním výberom baterie môžeme docílit lepší účinnost a ušetriť peniaze. [36]

Jedným zo zásadných faktorů při výběru baterie je její životnost. Životnost vie značne ovplyvniť celkovou cenu systému. V případě krátké životnosti baterie je potřebná častá výmena, čo vie niekoľkonásobne navýšiť cenu celého systému. Baterie tvoria značnú časť ceny celkového systému pre dodávku elektrické energie. Životnosť klasicky dostupných solárních baterií sa pohybuje v rozmedzí 5 až 15 rokov. Ich životnosť závisí hlavne na počte cyklov nabíjania a na podmienkach okolitého prostredia. Zvýšiť životnosť baterie je možné so

znížením cyklů nabíjení nebo s jeho sníženou teplotou. Důležité je uvědomit si, že baterie má větší účinnost za vyšších teplot. Vyšší teplota zvyšuje chemickou aktivitu v baterii, což má za následek zvýšení účinnosti. [38]

V současné době, jako úložiště elektrické energie pro rodinné domy, se používá několik typů baterií. Delia se podle chemického složení. [39]

- Olovené akumulátory jsou běžně využívány ve FV systémech. Většinou nadobudávají hodnoty napětí 6 V až 12 V. Dále se delia na baterie se zaplavenými elektrodami a ventilom řízené olovnaté akumulátory (VRLA). Výhodou je nízká cena a jednoduché fungování. Nevýhodou je nízká životnost, okolo 250 až 750 cyklů.
- Niklovo-kadmiové baterie mají katodu vyrobenou z kadmia a anodu nikl. Elektrolyt je vyráběn z hydroxidu draslíka. Oproti olovenému akumulátoru má větší životnost.
- Nikel-metalhydridový akumulátor pozůstává z anody vyrobené z metalhydridu. Výhodou je vysoká specifická energie, ekologicky méně škodlivý. Nevýhodou je jeho vysoká cena a nízká účinnost.
- Lithium-iontový akumulátor. Kapacita litiových baterií je většinou 3-násobně vyšší než u olovených. Litiová elektroda reaguje s elektrolytem a vytváří pasivovanou vrstvu při každém vybíjení. Z tohoto důvodu se používají hrubší elektrody. Kvůli této kompenzaci se zvyšuje cena celé baterie.
- Lithium-polymerový akumulátor. Díky zavedení polymeru je reakce mezi elektrodou a elektrolytem menší. Výhodou je vysoká kapacita a vysoká životnost. Nevýhodou je vysoká cena a nízká bezpečnost.
- Jednou z zajímavých technologií je akumulátor využívající slanou vodu. Jeho největší výhodou je schopnost ekologického třídění. Tato technologie je relativně nová. Kvůli její krátké přítomnosti na trhu není ještě plně odskoušena.

V dnešní době jsou velmi rozšířeny litiové baterie díky jejich vysoké kapacitě. Používá je například Tesla pro své Tesla Powerwall baterie. Tyto baterie se používají pro rodinné domy získávající elektrickou energii z FV panelů. Baterie jsou schopny akumulovat značné množství energie po značnou dobu. Jednou z hlavních nevýhod je jejich následná likvidace. Likvidací značně znečišťují životní prostředí. Akumulátor využívající slanou vodu, na rozdíl od litiových akumulátorů, neznečišťuje prostředí při jeho likvidaci. Tato technologie není ještě plně odskoušena a z toho důvodu se momentálně neví její perspektiva využití. Jednou z firem, které sprostředkují tyto akumulátory, je firma Aquion Energy. [40]



Obr. 10 Akumulátor využívající slanou vodu [41]

4.2 Uskladnenie tepelnej energie

Úložiská tepelnej energie sú zariadenia, ktoré sú schopné akumulovať teplo, a neskôr ho uvoľniť. Napríklad aj materiál ako betón, má vlastnosti tepelnej batérie. Počas teplého dňa je schopný akumulovať teplo. Následne, počas večera, sa z neho uvoľňuje získané teplo. Každý materiál má inú schopnosť ukladať teplo. Je možné využívať pasívny typ batérií alebo zložitejšie systémy. Zložitejšie systémy fungujú podobne ako elektrické batérie. Na rozdiel od elektrických batérií, uchovávanou energiou je tepelná energia. Cieľom tepelných batérií je získať teplo počas dňa. Neskôr, počas chladného večera alebo dňa, je schopné dodávať tepelnú energiu. Termálne batérie sú ešte stále vo vývoji. Snaha je vytvoriť tepelné batérie, ktoré by boli schopné akumulovať energiu počas leta a následne ju počas zimy uvoľňovať. Momentálne sa najčastejšie úložiská tepelnej energie používajú na zníženie spotreby elektrickej energie počas špičkových hodín. Tento fakt má najväčší význam pre domy pripojené k sieti. Túto skutočnosť môžeme využiť aj pre sebestačné domy. Solárne panely produkujú najviac elektrickej energie počas dňa. Energiu, získanú zo solárnych panelov, je možné uložiť do termálnych batérií.

Existujú tri spôsoby akumulácie tepla: [42]

- akumulácia citeľného tepla
- akumulácia skupenského tepla
- termochemická akumulácia

Akumulácia citeľného tepla je z týchto troch najmenej zložitou metódou. Tepelná energia je akumulovaná ochladzovaním alebo zohrievaním akumulačného média. Podľa tepelnej kapacity sa určuje množstvo tepla, ktoré je schopné sa uložiť. Najčastejším médiom je voda. Niekedy sa môžu použiť aj pevné látky, napr. betón. Nevýhodou je jej nízka účinnosť. [42, 43]

Akumulácia skupenského tepla je spôsobená zmenou skupenstva daného média. Najčastejšie využívaná skupenská premena je kvapalná látka na pevnú a opačne. V malom množstve sa uchováva aj citeľná teplota. Výhodou akumulácie skupenského tepla je jej vyššia kapacita. Vďaka tomu sa môže redukovať objem a hmotnosť akumulačného systému. [42, 43]

Termochemická akumulácia tepla spočíva v delení alebo vytváraní molekulových väzieb. Vďaka rozpadu väzby sa uvoľní znateľné množstvo energie. Naopak, pri vytváraní molekulových väzieb, sa spotrebováva energia a tým sa znižuje teplota. Výhody sú vysoká tepelná kapacita, menšie rozmery systému, dlhodobá akumulácia energie a malé straty. Akumulácia tepla zmenou skupenstva (Phase change materials - PCM) sa môže ďalej deliť na:

- anorganické zlúčeniny
- organické zlúčeniny

Anorganické zlúčeniny na akumuláciu tepelnej energie sa používajú hlavne hydráty soli s teplotou topenia od 0 °C do 150 °C. Ich prednosťou je dobré vedenie tepla a vhodné hodnoty skupenského tepla topenia. Pri použití PCM sa vyskytujú dva problémy, a to nerovnomerné topenie sa a prechladzovanie sa. Systém nie je schopný rozpustiť pevné súčasti. Tie na základe svojej vyššej hustoty klesajú na dno nádrže. Následne, počas spätného procesu, usadená soľ nie je schopná dostať sa do kontaktu s vodou a tým spôsobiť kryštalizáciu. Z toho sa môže usúdiť schopnosť nižšieho počtu cyklov nabíjania. [42, 43]

Organické zlúčeniny pre PCM majú niekoľko dôležitých výhod: jednoduchú dostupnosť, sú netoxické a nekorodujú, majú vysoké skupenské teplo, chemickú stabilitu, nízku hustotu, malé objemové zmeny počas topenia a schopnosť vlastnej nukleácie. Naopak, k nevýhodám patrí práve aj nižšia hustota, horšie teplo, smerové vlastnosti a nebezpečenstvo požiaru. [42, 43]

Pri rozhodovaní výberu akumuláčnej látky je potrebné zvážiť niekoľko parametrov. Jedným z hlavných rozhodovacích parametrov je cena pracovnej látky. Podľa tohto kritéria je najvýhodnejšia voda. Taktiež má vysokú akumuláciu schopnosť. Voda je vhodná aj vďaka jej dostupnosti a ekologickosti. Na zistenie celkovej ceny systému pre akumuláciu tepelnej energie je vhodné uvažovať s jeho celkovou cenou a životnosťou. Celková cena sa odvíja nielen z ceny pracovného média. Potrebné je zaistiť vhodnú izoláciu systému. Tým sa zabezpečí dlhšie uchovanie tepla a zamedzenie strát. Z dôvodu strát v systéme, musí byť akumulátor dimenzovaný na vyššie hodnoty než je úžitková / užitočná tepelná kapacita. Straty sa vyskytujú počas skladovania energie a vybíjania batérie. Výhodné je pod stavby rodinných domov inštalovať zásobníky tepelnej energie. Tým sa zvyšuje izolačný faktor. Teplota pôdy v určitej hĺbke je počas celého roka rovnaká. Na základe konštantnej teploty je jednoduchšie a efektívnejšie dimenzovať potrebnú izoláciu a úložisko tepelnej energie. [44]

4 Ekonomické zhodnotenie energeticky sebestačného domu

Investícia na energeticky sebestačný rodinný dom je v dnešných podmienkach pomerne vysoká. V minulosti, pred rozvojom techniky spôsobenej vynálezom elektriny, rodinné domy nepotrebovali mať zavedenú elektrinu. Jedinou nutnosťou bolo zabezpečovať prijateľnú teplotu a to sa prevažne realizovalo spaľovaním dreva alebo uhlia. Neskôr, rozvojom elektrickej energie, sa menil aj životný štýl človeka. Čoraz viac vyplývala nutnosť prítomnosti elektrickej energie na chod prístrojov v domácnostiach. Rodinné domy boli závislé na dodávke energie z teplární a elektrární. Alternatívne zdroje elektriny boli znateľne drahšie. Vďaka rozvoju vedy a techniky bolo možné zvyšovať účinnosť a znižovať cenu alternatívnych zdrojov energie.

Rodinné domy môžu byť plne závislé na centrálnom zdroji elektrickej a tepelnej energie alebo čiastočne závislé alebo plne sebestačné. Znamená to, že určitú časť energie si je dom schopný vyprodukovať sám. Tento systém je cenovo najprijateľnejší. Ak sa správne, korektne a odborne nainštaluje vhodný systém, náklady za energiu sa môžu znateľne znížiť. Prostredníctvom dnešných technológií je možné absolútne izolovať budovu od siete. Dom si môže zabezpečovať vlastnú elektrickú a tepelnú energiu. Dané systémy majú znateľne vysokú prvotnú investíciu. A ich návratnosť pri vhodných podmienkach je možná. Najväčší zmysel aplikovania daných technológií je v prípade nedostupnosti klasických zdrojov energie. V odľahlých oblastiach je cenovo výhodné stavať energeticky sebestačné domy. V prípade energeticky sebestačného rodinného domu je potrebné kombinovať niekoľko, už spomenutých technológií. V predošlých kapitolách som sa venoval aktívnym zdrojom elektrickej a tepelnej energie. Taktiež som sa venoval pasívnemu získavaniu tepelnej energie, ale aj vhodnou izoláciou. Nakoniec som spomenul akumulátory energie. Aby budova bola plne sebestačná a zároveň, aby sa prvotná investícia vrátila, je najschodnejšie vhodne kombinovať jednotlivé technológie. Spotreba energie pre 4 osoby v dome o podlahovej ploche 150 m²: [45]

- spotreba tepla na vykurovanie 2 300 kWh
- spotreba tepla na ohrev vody 4 000 kWh až 6 000 kWh
- spotreba elektriny pre domácnosť 3 500 kWh

4.1 Zateplenie a vetranie

V prvom rade treba zamedziť stratám tepla zo stien, strechy, podlahy, z okien a neprimeraným vetraním. Cena dôkladnej izolácie domu spočíva vo voľbe materiálu. Bežne sa materiály na zateplenie delia na polystyrény a minerálne izolácie. Štandardne za polystyrénové zateplenie sa platí 11 € za m² [46]. Polystyrén patrí k najlacnejším materiálom na zateplenie. Avšak lepšie je používať napríklad sklenenú vlnu / vatú. V prípade rodinného domu o rozlohe 150 m² sa cena pohybuje okolo 2 200 € [45]. Cena sa môže výrazne meniť podľa výberu materiálu. V niektorých prípadoch štát dáva pre zateplenie domu dotácie a tým môže byť celková cena nižšia. Určenie celkovej ceny konštrukcie dobre izolovaného domu je pomerne komplexné a komplikované. Cena je ovplyvnená aj tým, či sa izoluje starý dom alebo nový. Na stavbu pasívneho domu treba okrem dobrej izolácie aj ventiláciu a utesnenie domu. Utesniť dom treba tak, aby boli minimálne straty tepla a tým sa znížila potreba produkcie energie.

Celkovo je potrebné vykonať 5 úprav: [47]

- Zateplenie vonkajších stien na hodnotu $U\ 0,125\ \text{W/m}^2\text{K}$. Použije sa sklenená vlna, ktorá má 340 mm hrúbku a vzduch tesniaca membrána.
- Izolácia podlahy na hodnotu $U\ 0,13\ \text{W/m}^2\text{K}$. Použitie 25 mm polystyrénu, 150 mm polyuretánu.
- Izolácia strechy na hodnotu $U\ 0,067\ \text{W/m}^2\text{K}$. Použije sa 600 mm sklenená vlna so vzduchovo tesniacou membránou.
- Dobře izolované okná s tromi sklami o hodnote $U\ 0,8\ \text{W/m}^2\text{K}$.
- Systém ventilácie (rekuperačný)

Celková cena okolo 19 000 €. Táto cena sa vzťahuje na dom o rozlohe $150\ \text{m}^2$, len na zatepl'ovacie práce, okná a ventiláciu. [47]

4.2 FV systém

Ďalej je potreba zabezpečenia elektrickej energie. Elektrickú energiu je možné zabezpečiť niekoľkými spôsobmi. Ani jeden z nich nie je plne univerzálny. Podľa daných podmienok sa určuje najvýhodnejší systém. Ako som už spomínal, vodná elektráreň je viazaná na tok vody; veterná na dostatok vetra a solárna na dostatočnom množstve slnečného žiarenia. Najuniverzálnejšie použitie alternatívnych zdrojov elektrickej energie je pri solárnych FV systémoch. Pri tomto systéme, kdekoľvek na zemi, je možné produkovať elektrickú energiu, len je otázne, v akom množstve. Na inštaláciu solárneho systému, ako som už spomínal v predošlej kapitole, je potrebných niekoľko hlavných komponentov. Ceny v tabuľke boli prepočítané z Dolárov (\$) na Eurá (€) pomocou kalkulačky na stránkach NBS.

Tab. 4 Cena jednotlivých komponentov solárneho systému

Zariadenie	Parametre	Cena [€]	Značka
Solárny panel	235 W x 16	5024,3	Hanwha [48]
Kontrola nabíjania	60 A	489,2	Xantrex [49]
Invertor	4000 W 120/240 V	1324,49	Schneider Electroc [50]
Rozvodná poistka	250 A DC	231,5	Schneider Electroc [51]
Kontrolovací panel	15 V DC 200 mA	176,6	Schneider Electroc [52]

Celková cena: **7 246,09 €**

Tab. 5 Ceny solárnych systémov podľa veľkosti [53]

Veľkosť systému [kW]	Priemerná cena za Watt [€]	Potrebná plocha [m^2]	Priemerná cena [€]
4	3,88	24,8	10 807,7
6	3,57	37,16	14 886,9
8	3,35	49,52	18 626,9
12	3,08	74,32	25 624,2
20	2,91	120,77	40 332,2

4.3 Elektrické batérie

Kapitola o batériách bola venovaná rôznym druhom batérií a ich kvalite. V tejto kapitole by sa porovnali jednotlivé ceny. Ceny jednotlivých typov batérií boli vypočítané na jednotnú dobu cyklov. To umožňuje lepšie porovnanie celkovej ceny batérie.

Tab. 6 Cena batérií pre konkrétne značky

Typ batérie	Cena v [€] za kW na 1000 cyklov	Značka
Olovené	345,5	Vmax [54]
Zaliate batérie	213	Trojan T-105 [55]
Lítiové	133,6	Battle Born [56]
Lítiové	43,6	Tesla model S batérie [57]

Ak by sa vybrala najmodernejšia technológia od renomovanej spoločnosti, tak by sa mohla vybrať Tesla Powerwall 2. Jej parametre sú: [58]

- kapacita 13,5 kWh
- DoD 100 %
- účinnosť 90 %
- výkon 7 kW
- záruka na 10 rokov
- hmotnosť 125 kg
- cena 11 932,32 €

4.4 Tepelné čerpadlá

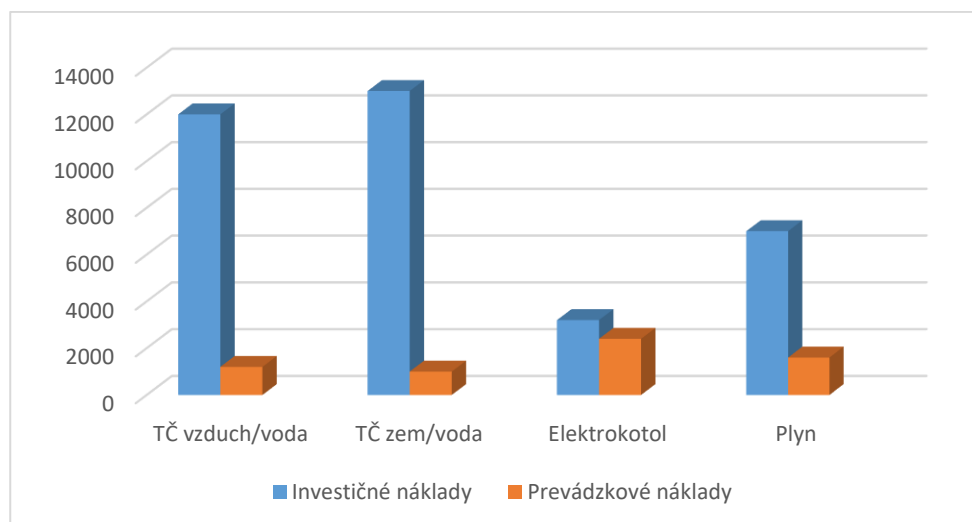
Cena jednotlivých zdrojov tepla pre rodinný dom s tepelnou stratou 7,5 kW je stanovená v tabuľke č. 7. V tabuľke je taktiež spomenutá cena jednotlivých zariadení potrebných pre funkčnosť tepelného čerpadla. [26]

Hodnoty v tabuľke boli prepočítané z Českých korún (CZK) na € pomocou kalkulačky na stránkach NBS.

Tab. 7 Porovnanie investičných nákladov pre jednotlivé zdroje tepla [26]

položka	tepelné čerpadlo zem / voda	elektrokotol	kotol na plyn
zdroj	8 044,5	590,7	1820,7
bojler s pripojením	vstavané	680,1	1 060,9
ekvitermný regulátor	vstavané	174,9	446,9
akumulátor	nie je potrebné	nie je potrebné	nie je potrebné
primárny okruh	2 121,9	nie je potrebné	nie je potrebné
sekundárny okruh	nie je potrebné	nie je potrebná	nie je potrebné
plynová prípojka	nie je potrebné	nie je potrebné	1 165,9
komín	nie je potrebné	nie je potrebné	544,1
pripojenie k vykurovaciemu systému	959,9	1 111,5	952,1
spojazdnenie	233,2	97,2	97,2
elektroinštalácia	252,6	194,31	136
celková cena v [€] s DPH	11 612,1	2 848,71	6 223,8

Čo sa týka počiatkovej investície je najdrahšia na tepelne čerpadlo typu zem/voda. Naopak najlacnejšia varianta tepelného čerpadla je vzduch/voda. Pri porovnaní prevádzkových nákladov vychádza najlacnejšie TČ typu zem/voda (viď. Graf 1.).



Graf 1. Porovnanie investičných a prevádzkových nákladov na zdroje tepla [26]

4.5 Návratnosť a celková cena plne sebestačného domu

V celej tejto kapitole boli spomenuté ceny jednotlivých zariadení potrebných pre plne energeticky sebestačný dom. Konkrétne pre modelovú situáciu bola vybraná technológia FV systému ako zdroj elektrickej energie a TČ ako vykurovacia jednotka. Ďalším opatrením bolo zamedzenie strát tepla prostredníctvom izolácie okien a vhodnej ventilácie. V nasledujúcej tabuľke sú zhrnuté údaje z predchádzajúcich tabuliek a vypočítaná približná cena pre plne energeticky sebestačný dom.

Parametre domu sú rovnaké ako boli spomenuté vyššie.

Tab. 8 Zhrnutie cien pre sebestačný dom

Zariadenie	Cena v [€]
Izolácia a ventilácia	19 000 [47]
FV systém	7 246
Batérie	11 932,32 [58]
TČ	11 612,1 [26]
Celková cena:	49 457,4

Daná tabuľka vyjadruje približnú cenu pre rodinný dom o rozlohe 150 m². Ceny vyjadruje len investíciu na technológie potrebné pre plne sebestačný dom. Solárny systém je schopný dodať 3 760 W elektrickej energie. Na ukladanie elektrickej energie boli uvedené Batérie Tesla Powerwall 2. V izolácii je zahrnutá izolácia strechy, podlahy a stien. Na zateplenie stien bola uvažovaná sklenená vlna. Ďalšou položkou bol vetrací systém s výmenníkmi tepla. Predpokladaná návratnosť daného modelu sa môže približne pohybovať okolo 8 až 10 rokov. Životnosť solárnych panelov je 25 až 30 rokov. Návratnosť čerpadla je 7 až 9 rokov [26].

V danom modeli, na ilustráciu, boli pre sebestačné domy použité moderné technológie. V praxi sa zväčša využíva jedna z uvedených technológií. Pre rodinný dom o menších rozmeroch je možné mať solárny systém okolo 10 000 €. Pre Západoslovenský kraj sa celkovo priemerná spotreba energie pohybuje okolo 22 177 kW [59]. Celková ročná cena energií pre rodinný dom je 3 211 €. Z toho na elektrinu sa minie približne 869 € [59]. Vychádzajúc z toho, návratnosť solárneho systému by bola do 12 rokov. Pri vhodnej izolácii je možné zvoliť na vykurovanie rozmerovo výrazne menší systém. Tým sa zníži celková cena celého systému. Ďalšou možnosťou zníženia celkovej ceny je zvoliť batérie Tesla, model S (čerpané z ebay). Ich cena vychádza najlacnejšie, viď. Tab. 6.

5 ZÁVER

Energicky sebestačné domy v súčasnej dobe sú vo väčšine prípadov cenovo výrazne drahšie, ale pri vhodných podmienkach majú finančnú návratnosť. Plne energeticky sebestačné domy je možné pri daných podmienkach postaviť. Avšak pri nepriaznivých podmienkach postaviť takýto typ domu môže byť ekonomicky nevýhodné. Pri vhodných podmienkach je naopak možné vďaka sebestačnému domu ušetriť. Vhodnými podmienkami rozumieme napríklad prítomnosť vodného toku na výstavbu malej vodnej elektrárne. Naopak v prípade nedostatku vody, z dôvodu sucha, je možné aplikovať solárne panely. Aplikácia solárnych panelov je vhodná na území s vyššou intenzitou solárneho žiarenia.

Z troch zdrojov elektrickej energie, spomenutých v tejto práci, je najspoľahlivejšia malá vodná elektráreň. Jej výhoda je, že pri dobrom toku má stabilný prívod elektrickej energie. Je menej závislý na počasi oproti solárnym panelom, či veterným elektrárnam. Jeho hlavnou nevýhodou je ale potreba prítomnosti vhodného vodného toku. Tento fakt je značne limitujúci. Vzhľadom k tomu, že malé percento domov má na svojom pozemku rieku alebo potok, stavba takto riešeného domu je menej využívaná. Naopak, solárne panely sú viac univerzálne. Všade na povrchu Zeme svieti Slnko. Taktiež inštalácia solárneho panelu vyžaduje ľahšiu konštrukciu. Pri solárnych paneloch je nevyhnutné mať akumulátory, ktoré zmiernia nestabilitu solárneho systému. Ich nevýhodou je krátka životnosť a vysoká cena. Alternatívne zdroje sú ekologickejšim riešením získavania elektrickej energie. Taktiež si treba uvedomiť, že výroba a likvidácia týchto systémov tiež prispieva k znečisťovaniu. Rozhodne je vhodné presadzovať inštaláciu a výstavbu alternatívnych zdrojov pre energiu, ak sú k tomu aj vhodné podmienky na realizáciu. Pri stave dnešných technológií a recyklácie sme ešte nedosiahli stupeň, kedy by nenastali ekologické, environmentálne, či iné škody, spôsobené na životnom prostredí. Skôr sa prikláňam k alternatívnemu riešeniu dielčích výhod, teda k realizovaniu alternatívneho domu s dielčím využitím. Ďalším dôležitým aspektom sa ukázalo zredukovanie strát tepelnej energie. Vďaka využitiu princípu pasívneho domu je možné zredukovať množstvo spotreby energie a tým sa stáva dom ekologickejší. S týmto faktom sa spája aj ekonomická výhodnosť. Pri energeticky sebestačnom dome je dôležité využiť techniku pasívneho domu.

Ďalšou časťou mojej práce boli zdroje tepelnej energie. Vychádzajúc z tepelných čerpadiel je zrejmé, že sú schopné vrátiť prvotnú investíciu. V porovnaní s inými zdrojmi tepla, ako je elektrický kotol alebo vykurovanie pomocou plynu, je prvotná investícia značne vyššia. Tepelné čerpadlá sú však schopné vrátiť prvotnú investíciu už po niekoľkých rokoch.

6 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] The history of Solar. *U,S Department of Energy* [online]. [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf
- [2] HOMEWOOD, Paul. *BP Energy Review* [online]. In: . 15.6.2018 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://notalotofpeopleknowthat.wordpress.com/2018/06/15/bp-energy-review/>
- [3] BROOKS, Adria. Future Energy. *ScienceDirect: Solar Energy* [online]. 2014 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/solar-energy>
- [4] Energy Solar and Sustainable Energy: The Sun's Energy. *UT Institute of Agriculture* [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://ag.tennessee.edu/solar/Pages/What%20Is%20Solar%20Energy/Sun's%20Energy.aspx>
- [5] GALLI, Mark a Peter HOBERG. *Solar Site Evaluation* [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://solarprofessional.com/articles/design-installation/solar-site-evaluation#.XHLBXehKhPY>
- [6] *Solar Resource Database: Description and Accuracy* [online]. In: . Solargis, 2016 [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: <https://solargis2-web-assets.s3.eu-west-1.amazonaws.com/public/doc/8e24dda319/Solargis-database-description-and-accuracy.pdf>
- [7] Uhol Slnka počas roka. *Ročne-obdobia 1* [online]. 2015 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://rocne-obdobia75.webnode.sk/news/uhol-slnka-pocas-roka/>
- [8] LANDAU, Charles. Optimum Tilt of Solar Panels. *Solarpaneltilt* [online]. 2017 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.solarpaneltilt.com/>
- [9] NEWKIRK, Martin. How Solar Power Works, On-Grid, Off-Grid And Hybrid. *Clean Energy Reviews* [online]. 2014 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2014/5/4/how-solar-works>
- [10] Guide for Solar PV system installation on RV/campers/caravan or vans. In: *Qookka* [online]. 2018 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <https://www.qookka.com/en/blog/guide-for-solar-pv-system-installation-on-camperscaravan-or-vans-n4>
- [11] DETWILER, Peter. *As Solar Panel Efficiencies Keep Improving, It's Time To Adopt Some New Metrics* [online]. 2013 [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/peterdetwiler/2013/07/16/as-solar-panel-efficiencies-keep-improving-its-time-to-adopt-some-new-metrics/#a1c776f39c1d>
- [12] Photovoltaic Report. *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE* [online]. 2019 [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>
- [13] What to know about solar panel warranty. *Energy Sage* [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://news.energysage.com/shopping-solar-panels-pay-attention-to-solar-panels-warranty/>
- [14] SCHÖNECKER, A. AN INDUSTRIAL MULTI-CRYSTALLINE EWT SOLAR CELLWITH SCREEN PRINTED METALLISATION.[online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://www.ecn.nl/docs/library/report/1997/rx97035.pdf>
- [15] GEE, James a M BUCK. *Progress on the emitter wrap-through silicon solar cell* [online]. 1993 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/234284206_Progress_on_the_emitter_wrap-through_silicon_solar_cell

- [16] Prvú vodnú elektrárňu otvorili v USA pred 130 rokmi. *Teraz.sk* [online]. 30. septembra 2012 [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/234284206_Progress_on_the_emitter_wrap-through_silicon_solar_cell
- [17] NASIR, Bilal Abdullah. *Design Considerations Of Micro-Hydro-Electric Power Plant* [online]. Iraq, 2014 [cit. 2019-03-1]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/264198439_Design_Considerations_of_Micro-hydro-electric_Power_Plant. Hawijah Technical Institute.
- [18] Turbulent [on line], [cit. 2019-03-1], Dostupné z: <https://www.turbulent.be/technology>
- [19] BILLE, Scott. Affordable Small-Scale Hydro Power. *Sustainability now* [online]. 2018 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.sustainabilitynow.global/2018/03/24/affordable-small-scale-hydro-power/>
- [20] BECKERS, Rob. The Truth About Small Wind Turbines. *Solacity Inc.* [online]. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://www.solacity.com/small-wind-turbine-truth/>
- [21] 10 Best Home Wind Turbines in 2019 For Generating Electricity. *SRE Team* [online]. 2019 [cit. 2019-03-5]. Dostupné z: <https://www.survivalrenewableenergy.com/top10-10-best-home-wind-turbines/>
- [22] Global Wind Atlas [on line]. [cit. 2019-03-6]. Dostupné na: <https://globalwindatlas.info/>
- [23] CACE, Jadranka a Emil HORS. *URBAN WIND TURBINES: GUIDELINES FOR SMALL WIND TURBINES IN THE BUILT ENVIRONMENT* [online]. 2007 [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: http://www.urban-wind.org/pdf/SMALL_WIND_TURBINES_GUIDE_final.pdf
- [24] Aký typ turbíny. *VAWT* [online]. 2017 [cit. 2019-02-22]. Dostupné z: <http://www.vawt.om2cm.sk/?q=node/477>
- [25] Tepelná čerpadla. *Skolavdf* [online]. s.1 [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.skolavdf.cz/sites/default/files/uploaded/download/Tepelna%20cerpadla.pdf>
- [26] KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dum*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [27] Solar collectors. *Ec.europa.eu* [online]. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/ieepprojects/files/projects/documents/solco_training_solar_collectors_en.pdf
- [28] MARCIN, Richard. *Moderní trendy ve vytápění rodinného domu* [online]. Brno, 2013 [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=66754
Bakalárska práca. VUT.
- [29] Všeobecné informácie, princíp fungovania slnečných kolektorov. *Grun Power* [online]. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <http://www.grun-power.sk/vseob-info-slnecke-kolektory.php>
- [30] Druhy slnečných kolektorov. *Efilip* [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: http://www.efilip.sk/poradenstvo/energie_vykurovanie/solarne_systemy/druhy_slnečných_kolektorov

- [31] The first Passive House: Interview with Dr. Wolfgang Feist (part 1). *Communication - International Passive House Association* [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <https://www.construction21.org/articles/h/the-first-passive-house-interview-with-dr-wolfgang-feist-part-1.html>
- [32] Thermal insulation. *Passipedia* [online]. 2019 [cit. 2019-03-17]. Dostupné z: https://passipedia.org/planning/thermal_protection/integrated_thermal_protection
- [33] Solar protection. *Reflectiv* [online]. [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://www.reflectiv.com/product/solar-protection-47/>
- [34] Types of ventilation. *Passipedia* [online]. 2019 [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: https://passipedia.org/planning/building_services/ventilation/basics/types_of_ventilation
- [35] KNAPP, Oliver. Rekuperačné vetranie. *Rekuperacia-vykurovanie* [online]. [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <http://www.rekuperacia-vykurovanie.sk/vetranie.html>
- [36] How to choose the best battery for a solar energy system. *Energysage* [online]. 2019 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.energysage.com/solar/solar-energy-storage/what-are-the-best-batteries-for-solar-panels/>
- [37] D.O.D. *Battery Import* [online]. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.battery-import.sk/slovník-pojmov/d-o-d/>
- [38] LEAD ACID BATTERY working – LIFETIME STUDY. *PowerThru* [online]. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.powerthru.com/documents/The%20Truth%20About%20Batteries%20-%20POWERTHRU%20White%20Paper.pdf>
- [39] PONNUSAMY, Manimekalai a R HARIKUMAR. *An Overview of Batteries for Photovoltaic (PV) Systems* [online]. India, 2013 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/278670768_An_Overview_of_Batteries_for_Photovoltaic_PV_Systems. Selvam College of Technology.
- [40] MOIA, Davide a Alexander GIOVANNITTI. *A salt water battery with high stability and charging rates made from solution processed conjugated polymers with polar side chains* [online]. London, 2016 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1711/1711.10457.pdf>. Imperial College London.
- [41] Aquion Salt Water Batteries. *LB Healing Products* [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <https://www.solarquotes.com.au/saltwaterbatteries.html>
- [42] OSTRÝ, Milan. *Akumulace tepla pro snížení spotřeby energie v nízkoenergetických budovách* [online]. 2008 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/4643-akumulace-tepla-pro-snizeni-spotreby-energie-v-nizkoenergetickych-budovach>. VUT v Brně, Fakulta stavební.
- [43] BENDOŮVÁ, Magdalena. *Obecný úvod do skladování energie* [online]. , 31 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Magdalena_Bendova/publication/324703135_Obecny_uvod_do_skladovani_energie/links/5adddcf7458515c60f5f7752/Obecný-uvod-do-skladovani-energie.pdf
- [44] BECHNÍK, Bronislav. Porovnání vybraných způsobů akumulace tepelné energie. *TZB* [online]. 2003 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-tepla/1490-porovnani-vybranych-zpusobu-akumulace-tepelne-energie>
- [45] SRDEČNÝ, Karel. Ako postaviť energeticky sebestačný dom. *ASB* [online]. 2008 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/architektura/rodinne-domy-architektura/nizkoenergeticke-domy-rodinne-domy-architektura/ako-postavit-energeticky-sebestacny-dom>

- [46] CENNÍK ZATEPLOVACÍCH PRÁC. *Murárske práce* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: <https://www.murarskeprace.net/cennik-zateplovacich-prac/>
- [47] MADSEN, Astrid. Passive house examples: cost breakdown. *Selfbuild* [online]. 2017 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: <https://selfbuild.ie/advice/build-cost-passive-house/>
- [48] Solar panels Hanwha SF220-30-P235B. In: *Freecleansolar* [online]. [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: <https://www.freecleansolar.com/235W-solar-panels-Hanwha-SF220-30-P235B-poly-p/sf220-30-p235b.htm>
- [49] CONEXT XW MPPT 60A SOLAR CHARGE CONTROLLER, XW-MPPT60-150. *AltE store* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.altestore.com/store/charge-controllers/solar-charge-controllers/mppt-solar-charge-controllers/xantrex-mppt-solar-charge-contollers/conext-xw-mppt-60a-solar-charge-controller-xw-mppt60-150-p5946/>
- [50] SCHNEIDER ELECTRIC CONEXT SW 4048 INVERTER/CHARGER. *AltE store* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.altestore.com/store/inverters/off-grid-inverters/schneider-electric-conext-sw-inverterchargers-p40463/#SCNCONSW4048>
- [51] SCHNEIDER CONEXT SW DC SWITCHGEAR - PUERTO RICO. *AltE store* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.altestore.com/store/productos-solares-en-puerto-rico/pr-accesorios-para-inversores/schneider-conext-sw-dc-switchgear-puerto-rico-p40983/>
- [52] SCHNEIDER ELECTRIC CONEXT SYSTEM CONTROL PANEL. *AltE store* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.altestore.com/store/inverters/inverter-accessories/schneider-electric-inverter-accessories/schneider-electric-conext-system-control-panel-scp-p11461/>
- [53] How much do solar panels cost to install for the average house in the US in 2019. *Solar Reviews* [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.solarreviews.com/solar-panels/solar-panel-cost/>
- [54] *Solar Outlet* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://solar-outlet.com/product/vmax-slr50-12-volt-50ah-agm-deep-cycle-sealed-lead-acid-group-21r-battery-for-solar-energy-storage-battery/>
- [55] Battery Specifications. *Trojan* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.trojanbattery.com/product/t-105/>
- [56] Battle Born LiFePO4 Deep Cycle Batteries. *Battle Born* [online]. [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://battlebornbatteries.com/>
- [57] Tesla Model S battery module. In: *Ebay* [online]. [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.ebay.com/itm/Tesla-Model-S-battery-module-24V-233Ah-5-2kWh-444-Panasonic-18650-3200mAh-/262333679871>
- [58] Powerwall. *Tesla* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/powerwall>
- [59] *Ročné náklady na palivo a energiu pre rodinný dom vrátane investícií v €: 1. oblasť* *Západoslovenská energetika, a.s.* [online]. 2016 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:JHyzt2vtrsJ:www.spp.sk/sk/Cds/AdminDownload/%3Ffilename%3D1489_Rocne_naklady_na_energiu_rok_2015+%&cd=3&hl=sk&ct=clnk&gl=sk

7 ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

Symbol	Veličina	Jednotka
A	Plocha	m ²
COP	Tepelný faktor	-
P	Výkon	W
U	Súčiniteľ prestupu tepla	W/m ² K
v _v	Rýchlosť vetra	m/s

CdTe	Cadmium telluride
CIGS	Copper indium gallium selenide
CO ₂	Oxid uhličitý
DC	Jednosmerný prúd
DoD	Depth of discharge
ECN	Entrepreneurship Center Network
EWT	Emitter wrap through
FV	Fotovoltaikum
GPS	Global Positioning System
NBS	Narodná banka Slovenska
PCM	Phase change materials
TČ	Tepelné čerpadlo
VRLA	Valve-regulated lead-acid battery

8 ZOZNAM OBRÁZKOV

- Obr. 1 Intenzita slunečného žiarenia [6]
- Obr. 2 FV systém [10]
- Obr. 3 EWT panel [15]
- Obr. 4 Malá vodná elektrárň od spoločnosti Turbulent [19]
- Obr. 5 Priemerná rýchlosť vetra v Europe [22]
- Obr. 6 Solárny kolektor [28]
- Obr. 7 Vákuový trubicový kolektor [29]
- Obr. 8 Vakuový trubicový kolektor [30]
- Obr. 9 Protiprúdový rekuperačný výmenník [35]
- Obr. 10 Akumulátor využívajúci slanú vodu [41]

9 ZOZNAM TABULIEK

- Tab. 1 Tabuľka garancie jednotlivých typov FV moduloch. [13]
- Tab. 2 Tepelné straty pre rôzne hodnoty U [32]
- Tab. 3 Tepelná vodivosť materiálov a hrúbka na dosiahnutie $U=13 \text{ W/ m}^2\text{K}$ [32]
- Tab. 4 Cena jednotlivých komponentov solárneho systému
- Tab. 5 Ceny solárnych systémov podľa veľkosti [53]
- Tab. 6 Cena batérií pre konkrétne značky
- Tab. 7 Porovnanie investičných nákladov pre jednotlivé zdroje tepla [26]
- Tab. 8 Zhrnutie cien pre sebestačný dom